



1912 2 240

A. Audova

Üldine bioloogia

Keskooli lõppklassi
kursus

K./Ü. „LOODUS“, Tartus

1924

J. Adamson

Kõige uuem aeg

Keskkooli lõppklassi kursus.

192 lhk. 38 joon. Hind 220 mk.

J. Adamsoni „Kõige uuem aeg“ on ainuke töö Eesti ajalookirjanduses, kus XIX ja XX a.-s. ajaloolist arenemisprotsessi käsitletakse kuni kõige lähema minevikuni, Versailles'i rahuni ja rahvasteliiduni. Autor on arvestanud kõiki tähtsamaid ajaloo-tegureid, ühelegi neist sealjuures ülekaalu andmata: ainult niisugusel teel on lugejal võimalik ajaloo arenemisprotsessist selge kujutelm luua. Valgustamist on leidnud nii poliitiline, sotsiaalne ja majandusline kui ka kultuuriline element. Aine valikul ja käsitusel on püütud hoiduda kaugelminevaist teoretiseerimisist, pakkudes sealjuures konkreetset ja elavat materjali. Et autor on suutnud käsitledud materjali kerges, kujukas ja piltlikus keeles edasi anda, siis on ta töö „Kõige uuem aeg“ sisuliselt kättesaadav laiemale lugejate ringkonnale. Pealegi elustavad esindatud materjali rikkalikud illustratsioonid üksikuist ajaloo-sündmusist ja ajaloolisist isikuist.

J. Adamsoni „Kõige uuem aeg“ ei tohiks puududa ühegi ajaloo-sõbra laual ja üheski rahva-raamatukogus: ta ülevaatlik ja kujukas Euroopa rahvaste kahe viimase aastasaja arenemiskäigu käsitus loob soliidi pinna käesoleva aja olusuhete ja eluvormide objektiivseks arusaamiseks ja ka hindamiseks.

Prof. Dr. H. Bekker

Ajaloolise geoloogia õpperaamat

112 lhk. 79 joon. 1 kaheküljelise tahvliga kriidipaberil ja
2 kaardiga.

Hind 220 mk, valgel paberil 250 mk.

Arvustus on soovitanud kui head vahendit kodumaa geoloogiaga tutvumiseks.

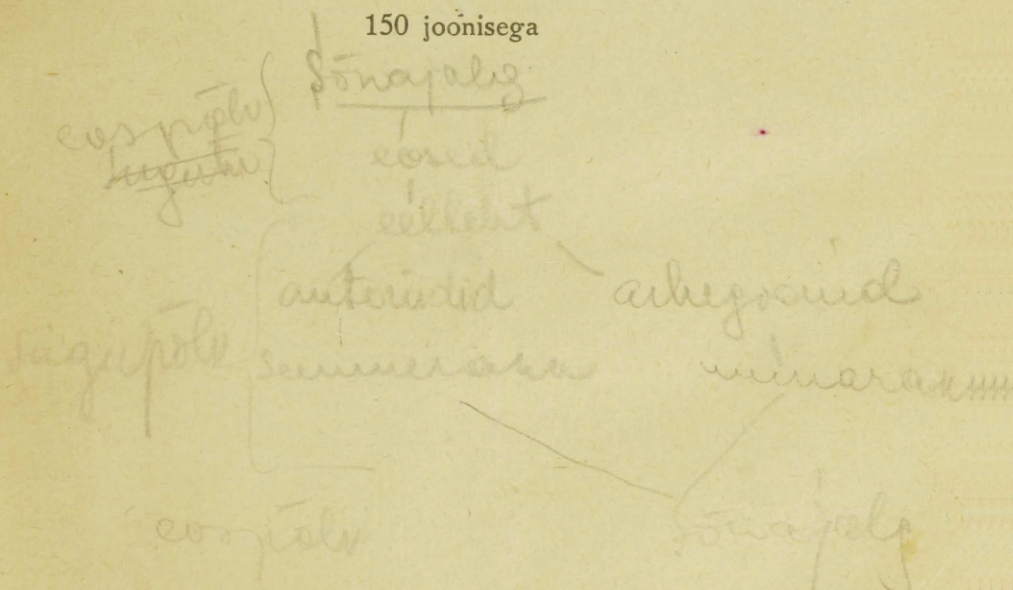
A. Audova

HG
I

Üldine bioloogia

Keskooli õpiraamat

150 joonisega



K/Ü „**LOODUS**“, TARTUS

1924

üldine minaraku
ühtne vastus
K. V. Jämsä
üldine p. meduus

Eessõna.

Materjali valik ja jaotus võib üldises bioloogias olla väga mitmesugune, sest et see ala on lõpmata laialdane. Käesoleva teose autorit oli materjali valikul juhtimas soov, langetada peaarõhk põlvnemisõpetusele. Teose esimeses pooles on antud ülevaade eluavaldusist ja elutingimustest. Selle osa materjal on võimalikult nii valitud, et ta süvendaks loodusteaduslist mõtlemist ja ilmavaadet, ent eriti veel valmistaks ette põlvnemisõpetuse käsitlusele. Põlvnemisõpetus aga pälvib kahtlemata kõige suuremat tähelepanu loodusteadusliku mõtlemise süvendamisel ja ilmavaate kujundamisel.

Käsiteldud põhimõtte tagajärjel läheb käesolev üldise bioloogia kursus oma esimeses osas õige tublisti lahku praegu maksvast õppekavast. Kavas on peaarõhk langetatud ökoloogiale ja geoloogiale. Kavasse on üles võetud andmed geoloogiast, millel pole bioloogiaga midagi ühist (kiviliigid, nende asetus, Eesti paleozoilised ladestud, soola tekkimine). Säärased andmed on trükitud peenkirjaga. Ökoloogia ei või leida üldises bioloogias põhjalikku käsitlust, sest siis peaks kannatama põlvnemisõpetuse, eluavalduste ja elutingimuste käsitlemine. Pealegi ei anna ökoloogia kuigi palju põlvnemisõpetusele. Teoreetilise ökoloogia käsitlemise asemel tuleks soovitada ühepäevast asjalikku ekskursiooni, mis võib anda kõige reljeefsemalt pea kõik, mis üldbioloogiale tarvis.

Et käesolevas kursuses füsioloogiline ja zooloogiline põhitoon esiplaanil, see ei võiks olla puuduseks. Füsioloogiline käsitus on iseenesest sama põhjendatud kui morfoloogiline ja ökoloogiline.

Et kava on ometi ka arvesse võetud, siis on selle tagajärjel kursuse ühtlus kohati vahest kannatanud. Raskust tegi seegi asjaolu, et keskkooli loodusloo-õpperaamatuid ei saa veel täitsa väljakujunenuiks lugeda. Kalliste trükiolude tagajärjel tuli koondada teksti ja vähendada jooniste arvu, esialgsete kavatsustega võrreldes. Koondamise põhimõtete ja mõne märkuse eest materjali järjestuse suhtes võlgnen tänu hra'dele H. Männikule ja H. Riikojale.

Autor.

Tartus, 26. augustil 1924.

I. Bioloogia mõiste ja ülesanne.

Sõna bioloogia on kokku liidetud kreekakeelseist sõnust *βίος* (bios) = elu ja *λόγος* (logos) = sõna, õpetus. Seejärel tähendab sõna bioloogia õpetust ehk teadust elust. Varemini mõisteti bioloogia all loomade ja taimede eluviise ja nende suhteid elutingimustega kirjeldavat teadusharu. Nüüd nimetatakse eluviise (toitumise, liikumise ja sigimise suhtes) kirjeldavat teadusala etoloogiaks ja elusa olevuse suhteid ümbuskonnaga ehk asukohaga käsitlevat teadusharu ökoloogiaks. Bioloogia all aga mõistetakse nüüd harilikult kõiki teadusi elusaist olevusist, nimelt botaanikat, zooloogiat ja antropoloogiat ühes kõigi nende osateadustega¹⁾. Üldise bioloogia all mõistetakse teadusharu, mis käsitleb üldisi elunähtusi ja eluseadusi, s. o. eluavaldusi ja seadusi, mis on ühised niihästi loomile kui ka taimile.

Bioloogia kõrgemaks eesmärgiks on elu seletus ja eluseaduste täielik ehk igakülgne teadustelemine. Ent küsimusele: „Mis on elu?“ pole võimalik anda lühikest rahuldavat vastust ehk määrangut. Elumõiste määrangud, definitsioonid on väga mitmesugused ja iseenesest ei anna nad elu mõistmiseks midagi olulist. Samuti raske oleks anda kohast vastust küsimusele, mis on valgus või elekter. Valguse olemuse kohta on loodud mitmed teooriad²⁾, ent raske on kindlasti ütelda, kas kõige viimati loodud teooria on ainuõige ja jääv. Vaatamata sellele, et valguse olemuse kohta on mitmesugused vastused antud, tunti valgust juba enne kõige uuemat teooriat ja tuntakse nüüd. Tunti ja tuntakse valguse peegeldumist, murdumist, spektreid, polarisatsiooni,

1) Anatoomia, histoloogia (õpetus kudedest), süstemaatika, embrüoloogia (õpetus loote arenemisest), füsioloogia, psühholoogia, etoloogia, ökoloogia, taimede ja loomade geograafia, paleontoloogia (õpetus kivistisina leiduvaist loomist ja taimist) ja põlvnemisõpetus.

2) Newton'i arvates koosnes valgus õige pisikesist kübemeist, mis heidetakse sirgjoones eemale valgustatud kehast. Huygens'i järele on valgus eetri võnkumine, Maxwell'i järele on valguselained õige väikesed elektromagnetilised lained. Kõige uuema teooria järele (Planck) toimub valguskehast väljakiirgus üksikute portsjonite viisi (kvantidena).

valguse kiirust, lainete pikkust, mõju keemilistesse olluseisse ja taimisse. Tuntakse viise, kuidas valgust kunstlikult valmistada ja teisiks energiaks muuta. Ühe sõnaga, tuntakse mitmesuguseid valguse avaldusi. Ka elektriavalduste ja nende seaduste tundmine on niikaugele jõudnud, et elektrit võidakse täielikult valitseda; on võimalik teda juhtida, valguseks, soojuseks ja tööks muuta, tema abil helisid edasi saata jne. Otsused valguse ja elektri olemuse kohta on muutunud olenedes tuntud asjaolude rohkusest. Seepärast ei tarvitse meid heidutada ka vastuse puudujäämine küsimusele, mis on elu. Üldise bioloogia ülesandeks ei ole seejärel lühidalt elumõiste määramine ja elu olemuse käsitlemine, vaid elu üld-seaduspärasuste, üldiste eluavalduste ja elu-tingimuste tundmaõppimine. Elu olemuse küsimus muutub seda selgemaks, mida sügavamale tungitakse eluavalduste tundmises. Eluavalduste ja nende tingimuste tundmine ei ole niikaugele jõudnud, kui valguse- või elektriavalduste tundmine. Inimene ei suuda säärasel määral valitseda elu, nagu elektrit või valgust. Siiski on juba elu tundmine tublisti süvenenud ning vähemalt osaliselt võidakse eluavaldusigi valitseda.

II. Elusate olevuste koostus ja ehitus.

1. Vorm ehk kuju.

Kõik ühe liigi organismid omavad teatava vormi. Harilikul kuulsel näiteks on iseloomuline vorm. Ei ole küll kaht kuuske, mis oleksid täiesti teineteise sarnased, ent siiski on neil väga palju ühist üldise vormi ja okste asetuse suhtes. Koor, okkad, käbid, jne. on ühesugused. Samuti omavad ka ühe liigi loomad teatava iseloomulise vormi. Isegi kõige vähemal loomil ja taimil on teatav vorm. Paljude loomade vorm erineb sõltudes (olenedes) east (metamorfoos: putukad, konn), ent seegi vormimuutus toimub kindlais piires. Seejärel on elusolevuste üheks silmapaistvaks iseärasuseks nende iseloomuline kuju, mis võib muutuda ainult teatavais piires. Iseloomuline kuju ei ole siiski küllaldane elusolevuse eraldamiseks elutuist asjust, sest kristallidki omavad teatava iseloomulise kuju.

Organismide kuju on tähtsaks aluseks, mille põhjal organisme klassifitseeritakse ehk süstematiseeritakse, iseäranis vähemate gruppide ülesseadmisel. Organismide grupp, mis koosneb üksteisele oluliste tunnuste poolest kõige enam sarnaseist vormest (välimuselt ja ka ehituselt) ja kes annavad sugutamisel eluvõimelised järeltulijad ehk järglased, moodustab liigi. Näiteks harilikud kodumesilased moodustavad ühe liigi. Vormilt ja ehituselt kõige lähemad liigid moodustavad perekonna

(mesilaste perekond: harilik, Itaalia, Egiptuse, Aafrika ja Madagaskari mesilane). Kõige enam sarnased perekonnad ühendatakse sugukonnaks (mesilaste sugukond: mesilased, kumalased). Edasi grupeeritakse kõige enam sarnased sugukonnad rühmiks (astlaliste rühm: mesilaste, sipelglaste, herilaste, kägusipelglaste, kaevurherilaste, teeherialaste sugukonnad). Rühmad moodustavad alamseltsid ja need seltsi [kiletiivaliste selts: 1. alams. pidevkehalised (lehevaablased, puuvaablased), 2. alams. pinekehalised — astlaliste ja munetiliste (pahkvaablased, kaguvaablased) rühm]. Sarnased seltsid ühendatakse klassesse (putukate klass: kiletiivalised, sihktiivalised, soomustiivalised jt.). Klassid moodustavad haru (lüljalgsete haru: putukad, vähilaadsed, ämblikulaadsed). Harud moodustavad riigi (loomariik).

2. Elus olevus — jagamatu ühik.

Lõikaksime elusolevuse (hiire, mesilase, nisutaime) pooleks, siis oleks seega hävitatud ta elu. Organism moodustab terviku, kelle eluks on tarvilikud kõik kehaosad. Elusolevused on jagamatud ühikud, indiviidid¹⁾. Nende jaotusele järgneb surm ja roiskumine ehk mädanemine (aga kivi?).

3. Keemiline koosseis.

Igas elusas rakus leidub muuvalge ehk valk, mis on üheks kõige tähtsamaks elusolevuste koosseisu osaks. Valgumolekulid koosnevad tuhandaist aatomeist. Teatavate tegurite (näit. kange soolhappega keetmise) mõjul laguvad valgud lihtsamaiks „ehituskiveks“, nn. amiinhappeiks. Kokku on valkudes leitud 18 amiinhapet. Need amiinhapped võivad üksteisega ühendusse astuda, moodustades mitmesuguseid kombinatsioone. Sääraseid erilisi ühendusvõimalusi on üliväga palju. Et peale selle valkudes võib muutuda üksikute amiinhapete rohkus, siis järgneb sest, et valkude ehitus võib olla üpris mitmekesine. Ning tõepoolest on valgud oma koosseisult väga mitmesugused. Mõnede andmete põhjal tuleb arvata, et mitmesuguste loomade ja taimede liigid sisaldavad erinevaid valkolluseid, et igal taime- ja loomaliigil on oma iseloomulised valgud.

Järgmiseks tähtsaks elusate olevuste koosseisu-osaks on süsivesikud (suhkrud, tärklis, glükogeen ehk loomatärklis, tselluloos ehk kestollus).

Kolmandaks tähtsaks orgaaniliste ainete rühmaks, mida igas elusas rakus leida, on rasvad. Rasvadki on oma koosseisult mitmesugused (loomarasvad, või, taimeõlid). Iga rakk sisaldab veel isesuguseid rasvade ühendeid teiste ollustega (näit. fosforhappega letsitiinis).

1) Paljusid madalamaid organisme võib jaotada, ilma et osad sureksid, ent nendegi jaotatavus on siiski piiratud teatava määraga.

Viimaks leiduvad veel igas elusas rakus mitmesugused mineraalollused ehk soolad. Mineraalolluste hulka tuleb lugeda ka vett, mis üheski rakus ei puudu. Mineraalolluste koosseisu-osadena esinevad metallest Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, metalloidest P, S, Cl, F. Peale mainitute leiduvad teatavais kudedes ja teatavais organismes veel mõned teised elemendid (Si, Cu, I jt.).

Valgud, süsivesikud ja rasvad on orgaanilised ühendid, mis ainult taimis ja loomis olemas ja ainult neis tekivad. Kuskil elutus looduses pole neid leida — ehk siis ainult roiskuvais (mädanavais) taimede ja loomade jäänuseis.

Et ühes ja sessamas organismis leiduvad mitmesugused valgud, mitmed süsivesikud ja rasvad ning terve rida mineraalolluseid koos, siis on seega küllalt selge elusate olevuste koosseisu keerulisus, tüsilikkus. Säärast koosseisu keerulisust ei leidu elutus looduses. (Võrdle!) Nii siis, omapärased keemilised ühendid ja keemilise koosseisu keerulisus iseloomustavad elusolevusi.

4. Elusa olluse — protoplasma — ehitus.

Masinate tegevuse võimaldab nende omapärane ehitus. Auru tööle panemiseks peab olema masin varustatud teatavate õõnsustega, torudega, kraanidega, väntadega, völliidega jne. Olulise tähtsusega on masinal õõnsused ja pinnad. Ühtlast, õõnsusteta rauatükki pole võimalik mingil kombel auru abil tööle panna. Otse nagu masina tegevuseks on tähtis tema ehitus, niisamuti on elutegevuseks tähtis teatav organismi ehitus.

Harilikult, eriti neis rakkudes, kus elutegevus intensiivne, tõhus, on protoplasma valkained peaaegalikult õige pisikeste kübemekestena vees hõljumas. Neid pisikesi kübemekesi pole hariliku mikroskoobiga, isegi kõige suuremate suurenduste abil, üldse võimalik näha. Et neid näha, seks tuleb appi võtta nn. ultramikroskoop. Ultramikroskoobi isearasuseks on kõrvalt preparaadile langev valgus (mitte alt nagu harilikul mikroskoobil). Otse nagu tupp paistev päikese valgus teeb (heledamas valguspiirkonnas) õhus lendlevad kübemekesed nähtavaks, samuti saavad pisikesed protoplasma-kübemekesed nähtavaks ultramikroskoopi kõrvalt langeva valguse mõjul. Nende kübemekeste suurus kõigub harilikult $\frac{1}{10}$ ja $\frac{1}{1000}$ μ vahel¹⁾.

Nad on alalises heljuvas liikumises, hüplevad ühele ja teisele poole,

1) $1\mu = \frac{1}{1000}$ mm.

tehes järske pöördeid, nii et nende tee on väga sakiline. Säärast liikumist nimetatakse Brown'i liikumiseks. Vedelikku, kus need pisikesed kübemekesed heljumasa, nimetatakse sol'iks. Peale selle on sagedasti osa protoplasmast teatava piirini süldi, punsunud liimi või želatiini taoline. Protoplasma heljuvad kübemekesed võivad mõnesuguseil tingimusil tihedalt, vormitult kokku liituda ja välja sadeneda, misjuures nad eneses osa vett kinni peavad. Säärase kübemekeste vedelikust väljalangemise tagajärjel tekib isesuguse ehitusega protoplasma, mida nimetatakse gel'iks.

Rakkudes, kus elutegevus tõhus, on vähemalt osa protoplasmat sol'i kujul, s. o. vedelas olekus. Protoplasma vedel olek võimaldab amööbide, valgete vereliblede, radiolaaride liikumise ja toidu vastuvõtmise. Taimedegi rakkudes on paljudel juhtudel protoplasma liikumist tähele pandud, mis tõestab nende protoplasma vedelat olekut. Protoplasma koostusel pisikesist kübemekesist, mille vahel vesi, on ütlemlata suur tähtsus. Säärane ehitus võimaldab isegi igale pisikesele osakesele vaba toidu-juurdevoolu ja kõlbmatute olluste eemaldamise. Väikeste kübemekeste pind on ülisuur. Kui jagada üks kantsentimeeter 0,1 μ -listesse osadesse, siis on saadud kübemekeste pind 60 ruutmeetrit! Kübemekesed puutuvad oma suure pinnaga kokku veega, kus lahustunud mitmesugused mineraalollused ja orgaanilised ühendid, ning kõiksugused keemilised reaktsioonid võivad suure kokkupuutumis-pinna tagajärjel väga intensiivselt, tõhusalt toimuda.

Niihästi solid, sülditaolised moodustised, kui ka gelid ei seiti (diffundeeru) läbi kilede, nagu põie, pergamentpaberi jt. Selle poolest erinevad nad anorgaanilise ja paljudest orgaanilise looduse ollustest. Läbi kilede ehk membraanide mitte seitivaid olluseid nimetatakse kolloidseiks olluseiks. Kolloidne ehitus (struktuur) on elusaile rakkudele väga iseloomuline.

5. Elusolevuste rakuline ehitus.

Iga taim ja loom koosneb rakkudest. Iga rakk on teatavais piires ühesuguse ehitusega. Kõik nad sisaldavad eespool mainitud keemilisi ühendeid (valgud, süsivesikud, rasvad, soolad). Protoplasma olulise-maks koosseisu-osaks on valgud. Igas rakus on peale protoplasma veel tuum, milles leidub rohkesti iseäralisi fosforit sisaldavaid valke. Taimerakud on kaetud tselluloosist kestaga, loomarakud on aga ilma säärase kestata. Roheliste taimede rakkudes (eriti lehis), etendavad tähtsat osa klorofülliterakesed. Loomarakkude protoplasma pealmine kiht on tihedamaks muutunud ja moodustab õhukese kilekese.

Rakk — elus ühik. Iga üksik rakk on oma ette elus olevus, elus ühik. Kõige lihtsamad organismid moodustavad ainult ühe ainsa raku, kelles toimuvad kõik eluavaldused. Rakk on üldse kõige lihtsam eluvõimeline ühik. Jagatakse näiteks amööb või kingloom (*Paramecium*) pooleks, siis jääb see osa, kuhu sisse jäi tuum, elama ja sigib edasi, kuna tuumata osa alguses veel liigub ja isegi toitu vastu võtab, ent viimaks sureb. Raku eluks on niihästi tuum kui ka protoplasma tarvili-
kud: eraldi pole nad eluvõimelised.

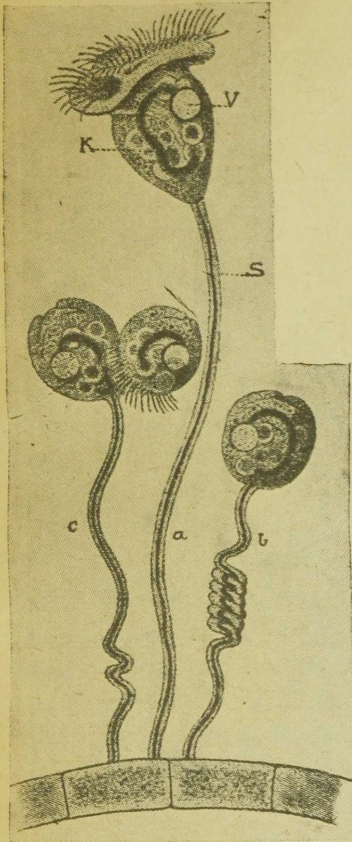
Needki rakud, kes hulkrakseis organismes leiduvad, moodustavad igauks omaette ühe elusa ühiku. Võetakse begoonia lehe tükike ja asetatakse ta niiskele mullapinnale, siis areneb osakesest uus taim: leheosakese rakud on iseseisvad elusad ühikud, kes ka emataimelt lahutatult suudavad edasi elada ja sigida. Rakkude iseseisvast elust annavad tunnistust ka eksplantatsioonikatsed. Eksplantatsioon seisab selles, et rakk või teatav organismi osa eraldatakse organismist ja paigutatakse („istutatakse välja“) soodsaisse tingimusesse. Eksplanteeritavaile rakkudele või kudedele valmistatakse kohane toitsegu, milleks tarvitatakse sagedasti vereplasmat. Organismist eraldatud ja eksplanteeritud naha ja luukesta tükke on võidud mitu nädalat elus hoida ja seejuures nende rakkude sigimist tähele panna. Sidekoe rakud on isegi 11 kuud pärast eksplantatsiooni sigimisvõimelised olnud. Samuti on ka veel teiste kudede sigimist väljaspool organismi tähele pandud (näit. luu-üdi, põrnatükid). Eksplantaadis on ergurakkude kasvamist vaadeldud. Need näited tõestavad selgesti, et rakkudes ja kudedes toimub iseseisev elu. Neis toimuvad eluavaldused isegi väljaspool organismi. Rakk on kõige vähem iseseisvalt elav ühik ja iseseisva eluga osake organismist.

Differentsiatsioon (eristumine) ja spetsialisatsioon. Hulkraksete elusolevuste rakud on kujult, suuruselt ja ehituselt mitmesuguseiks kujunenud. Üldse oleks raske kujutella hulkrakset organismi, mis paljuist tuhandeist täiesti ühesuguseist rakkudest koosneks. Kuidas siis keset säärast organismi asetsevad rakud enesele toitu saaksid ja olluste vahetuse lõppsaadusi eritaksid?

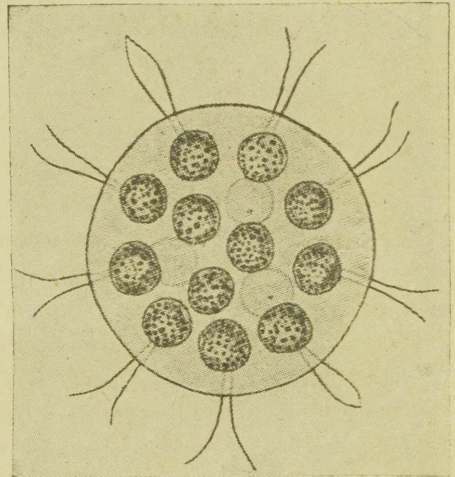
Amööb on üks kõige lihtsamaist, kõige vähem eristunud rakkudest. Tal puudub eriline suuavaus, puuduvad püsivad liikumis- ja seedimisriistad. Kingloom, kes on samuti kui amööbki ainurakne, on aga juba varustatud eristunud, s. o. eri-otstarbeks kujunenud rakuosadega. Tal on erilised liikumisriistad — ripsmed — ja püsiv suuavaus neeluga. Ripsloomal (infusooril), nimega vesikelluke (*Vorticella*), on keha tagaosas

külge kujunenud iseäraline vars, mille sees kiuke. Kiuke võib kokku tõmbuda ning sel teel ligineb loomake kiiresti alusele, kuhu ta varrega kinnitunud (1. joon. b). Vesikellukesel ja kingloomal on juba tekkinud teatavad rakuosad ise-ülesande (liikumise, toidu vastuvõtte) täitmiseks. See näitab, et rakk suudab moodustada erilised osad eri-ülesandeiks, näitab, et juba ainuraksed olevused on varustatud differentseerunud rakuosadega, organellidega.

Kõige lihtsamate hulkraksete seas leiame sääraseid, kelle rakud on kõik ühesugused. Neist olgu nimetatud *Eudorina* (2. joon.). Tema rohelised kahevibukalised rakud asetsevad 16 kuni



1. joon. Vesikelluke (*Vorticella*),
b — kokkutõmbunud, c — jaguv.
K — tuum, V — põieke, S — vars.

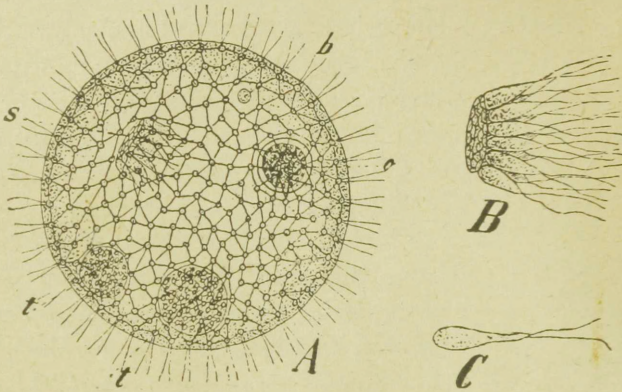


2. joon. *Eudorina elegans*.

32-kesi ühises limakuulis. Kõik rakud on oma tegevuses üheväärilised. Kõik võivad nad sigida ja moodustada ka sigimiskrakud. Kerasviburlasel (*Volvox*, 3. joon.) on rohelisi kahevibukalisi rakkusid ühes kuulis kuni paljude tuhandeteni. Suurem osa rakkudest on toitumiseks. Sigimiseks kujuneb ainult osa rakke, kes moodustavad uued kuulikesed sugutul või sugulisel viisil. Seega on kerasviburlases toimunud rakkude eristumine: osa rakke on toitumiseks ja kasvamiseks, osa sigimiseks. Hüdral on

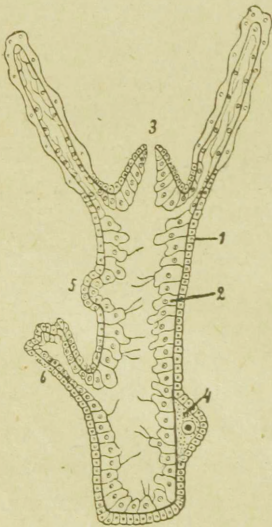
rakkude differentseerumine kaugemale läinud. Hüdra koosneb teatavasti kahest rakkude kihist (4. joon.) — ektodermist (välislehest) ja entodermist (siselehest). Ektodermi ülesandeks on kujunenud sisemiste

rakkude kaitse, liigutuste toimetamine, ärrituste vastuvõtmine ja sigirakkude moodustamine. Ülesannete kohaselt on ka ektodermi rakkude vorm ja ehitus mitmesugune. Suuremalt jaolt on ektodermi rakud kandikulised kate-lihasrakud, mille alumine osa on muutunud pikli-

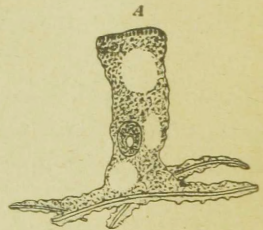


3. joon. *Volvox*'i koloonia (A) tütarkolooniatega (t). o — muna-rakk, s — seemnerakkude kogu, b — arenev seemnerakkude kogu. B — seemnerakk. kogu, C — seemnerakk.

kuks lihaskiude moodustiseks, kus sees lihaskiuke (5. joon.). Kate-lihasrakul on seega veel kaheksugune ülesanne: liigutuste sooritamine ja katmine. Kate-lihasrakkude vahel või otse nende sees asetsevad isesugused rakud kõrvekapslitega (kaitseks). Ektodermi sügavamas osas leiduvad pillatult harulised ergurakud (6. joon.). Entodermi moodustavad toitelihaskud, näärmerakud ja üksikud ergurakud. Entodermi peaülesandeks on toidu seedimine ja vastuvõtmine. Toitelihaskud on pikad silindrilised rakud, mille vabule otsile on kinnitunud kaks vibukat. Toitelihasku ektodermi vastu seisval otsal on lihaskiud (7. joon.).

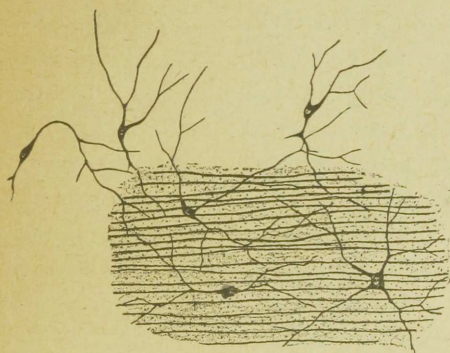


4. joon. Hüdra läbilõik. 1 — ektodermi, 2 — entodermi rakud, 3 — suuavaus, 4 — muna-rakk, 5 ja 6 — pungad.

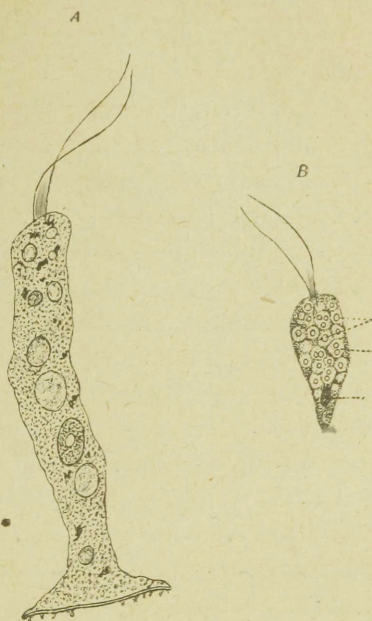


5. joon. Hüdra kate- ehk epiteel-lihasrakk.

Need rakud võtavad toidu vastu ja on tegevad liigutusil. Toidutükikesed võetakse otseselt raku, amööbi või valge verelible kombel. Vibukad kihutavad toidutükikesi igale poole, jalaossa ja haarmesse. Peale otsese toidutükikeste vastuvõtmise võib hüdra teataval määral toitu ka väljaspool rakke seedida nõrede abil, mida valmistavad näärmerakud (7. joon.). Toiterakkudest immitseb toit ka teisisse rakesse. Hüdra rakkude vahel on tööära jaotatud ja rakud ise mitmesugu-



6. joon. Hüdra ektodermi ergustik. Paralleelsed jooned kujutavad lihaskiude ja lihaskiude.



7. joon. Hüdra entodermirakkude. A — toite lihasrakk lihaskiuga alusosas, B — näärmerakk.

seiks muutunud, eristunud tegevuse kohaselt. Kaitseks, katteks, liikumiseks, liikumise korraldamiseks (koordineerimiseks — ergurakud), toitumiseks, sigimiseks — igaks ülesandeks on iserakud või vähemalt erilised rakuosad. Ent hüdra eri-ülesannetega ja erikujuliste rakkude arv pole siiski kuigi suur.

Liimukal (vihmussil) on erikujuliste, differentseerunud rakkude arv palju suurem. Kõige pealt on liimukal lihaskiud ja katerakud täiesti eraldunud. Lihaskiud on juba hästi arenenud ja sidekoeliste rakkudega koeks ühendatud. Katerakkude (epidermirakkude) välispind on kaetud kutiikulaga. Epidermises asetsevad veel limarakud ja meelterakud. Hoo- pis uute moodustistena, mis puudusid hüdral, esinevad siin valgete vereliblede taolised rakud — fagotsüüdid, siis verikehakesed, soonterakud. Samuti on eritamistoiminguks kujunenud mitmesugused uued rakud (lehtrirakud, mitmesugused kanalirakud, põierakud). Liimuka suguorganid

koosnevad mitmesuguseist osadest (munasari, seemnerahu, muna- ja seemnejuhe, muna- ja seemnepõis), mis jällegi ehitatud erilist rakkudest. Ergukavas on toimunud rakkude differentsiatsioon (liigutus-, tunde- ja ühendus-ergurakud).

Kõrgemal loomil on rakkude differentsiatsioon veel kaugemale läinud. Inimese kehas leiame peale loendatud rakkude rea uusi: luurakud, kõhrerakud (krõmpsluu-rakud), kõõlusrakud, väga mitmesuguseks kujunenud näärmerakud (seedimismahlade ja sisenõristuse näärmerakud), väga mitmesugused meelteorganite rakud (mitmesugused silmarakud, kõrva-, maitse-, haisterakud j. t.), kopsurakud, maksarakud jne.

Amööbil, kingloomal toimuvad kõik eluavaldused ühes ja samas rakus. Üks ja seesama rakk võtab toitu välisest ümbruskonnast, seedib ta ära ja heidab kõlbmatud osad välja, muretseb hapnikku, liigub, sigib. Hulkrakseil aga on elutegevused hulga isesuguste rakkude hooleks antud. Ühesugused rakud asetsevad rühmiti ja moodustavad koed. Ning üheks elutegevuseks on sagedasti ühinenud mitu kudet, moodustades organi (lihas, magu, neer jne.), kuna organid kujundavad riista ehk organsüsteemi (kava). Nii kujuneb kõrgemal loomil üheksa organikava: kondikava, lihaskava, seedimisriist, hingamisriist, kuse- ja suguriist, soontekava, ergukava, meeleanalüüs, kate (nahk). Igal organikaval on oma eriline ülesanne. Eriliste organite ja riistade kujunemine teatavaiks funktsiooniks — spetsialisatsioon — teeb organismide ehituse veel keerulisemaks ja et iga organ võib veel mitme põhimõtte järele kujuneda ning erilise vormi ja ehituse omandada (näit. hambad, hingamisriistad), siis on seega organismide spetsialiseerumisvõimalused lõpmata suured.

Taimorganismes on samuti toimunud differentsiatsioon ja spetsialisatsioon. Õistaimede pinda katavad epidermisrakud. Narmasjuurte rakud võtavad maast vett ja mineraalsooli. Kiudsoonte kimpusid mööda voolavad taime toitained. Kiudsoonte kimbud tekivad rakkudest, mille seinad tublisti paksenenud. Mehaaniline kude on toeks, taimeosade sirgeks hoidmiseks. Taime rohelised osad koosnevad parenhüümkoest klorofüll-terakesiga, mis sarnastavad süsihaput gaasi, valmistades süsivesikuid.

Nagu loomal moodustavad mitmesugused koed erilise ülesandega organid, nõnda on taimedegi juures. Nii näiteks on taimel toitainete valmistamiseks, assimilatsiooniks lehed, sigimiseks õied, maasse kinnitumiseks ja vee ning soolade saavutamiseks juured jne.

Mis kasu on säärasest tööjaotusest? Kui inimeste-ühiskonnas teeb

keegi isik ainult sepa-, või rätsepa-, või põllutööd, siis õpib ta oma eritööd hästi tundma ja omandab oma erialal suure tööoskuse ja vilumuse, mille tagajärjel ta võib hästi ja kiiresti töötada. Seega võimaldab tööjaotus tööoskuse ning kiire ja eduka töö.

Täiesti samasugune tähtsus, nagu riigis, on tööjaotusel ka organismis. Organismiski võimaldab tööjaotus rakule teatavas erilises sihis väljakujunemise. Kogu raku ehitus kujuneb kohaseks teatava ühe ülesande sooritamiseks, — ta differentseerub. Ning säärane differentseerunud rakk suudab oma ülesannet üledukalt täita. Amöüb näiteks, kes on väga vähe differentseerunud, suudab ainult aeglaselt liikuda. Kingloom, kellel liikumiseks ripsmed, liigub palju kiiremini. Hulkrakseil on liikumiseks differentseerunud lihasrakud, ning kaan näiteks võib palju kiiremini liikuda kui kingloom. Tuleb ilmsile spetsialisatsioon, siis võib liikumine veel palju kiiremini toimuda. Nii näiteks on imetajate, putukate ja lindude liikumiskiirus hästi spetsialiseerunud organite abil (jalad, tiivad) võrdlemata suurem kui kaanil või liimukal.

Eri-ülesannete enese peale võtmise tagajärjel avanevad inimühiskonnas isegi uued võimalused ja uued võimed. Ainult tööjaotuse tagajärjel on võimalik teadlaste arenemine ja tehnikute tekkimine, kes võivad valmistada kõiksuguseid aparate ja ehitusi. Sama lugu on rakkude riigis, organismis. Üheks organismiks liitunud rakud võivad toiduks palju suuremat saaki võtta kui üksikud rakud. Madalamail loomil puudub võime näha kaugelolevaid asju ja kuulda kaugusest tulevat häält. Kõrgesti differentseerunud rakkudega, kudedega ja organitega organismid aga omavad sääraseid võimed. — Tüve ja okste kujundumise tagajärjel avaneb palju suuremale hulgale rakkudele valguse kiirte kinnipüüdmise ja kasutamise võimalus, kui mõeldav samade rakkude kuhjana maapinnal asetsemise korral.

Differentseerumisega käib käsikäes raku olenevus teisist rakes t. Ergu- ja lihasrakk ei saa enam toitu otseselt, vaid seedimisorganite ja vere kaudu. Hapnikuga varustumine toimub samuti kaudselt (veri, hingamisorgan). Tabab mõnd rakkude gruppi vigastus, siis kannatavad selle all ka kõik teised rakud. Hakkavad näiteks neerurakud suhkru või valke läbi laskma, siis on kogu organismi toitumine korratuses. Soigub südame tegevus, siis saavad kõik teisedki rakud surma ohvriks. Langeb kilpnäärme teguvõime, kannatab selle all ollustevahetus ja mõistus. Korralik organismi elu võib toimuda, kui rakkude tegevus on hästi korraldatud ehk koordineeritud, kui iga osa täidab oma ülesannet korralikult (võrdle riigiga!). Rakk, kes on

eluvõimeline ühik, ei ole organismis täiesti iseseisev, vaid ta on seal ainult kõrgema ja täielikuma ühiku — organismi — tarvilik osake. Tema elu on võimalik ühenduses organismiga, kus tal soodsad elutingimused. Eraldatakse organismi differentseerunud rakud üksteisest, siis on surm paratamatuks tagajärjeks. (Võrdle ühiskonna ühikutega!) — Organismide koostus rakkudest, kes eneste vahel töö ära jaotanud, on väga iseloomuliseks elusate olevuste tunnuseks, mis neid eraldab elutuist asjust.

III. Eluavaldused.

1. Olluste- ja energiavahetus.

Ollustevahetus. Elus olevus võtab välisest keskkonnast enesesse toitu, mis erineb oma koosseisult organismi koosseisust (veis — rohi!). Toit allub loom-organismis seedimisele. Fermendid ehk entsüümid lahutavad ehk lammutavad toiteollused lihtsamaiks osadeks. Seeditud toiteollused immitsevad läbi soolte seinte ja kantakse vere kaudu laiali rakkude juurdé. Rakud võtavad toiteollused vastu ja muudavad vastaval viisil oma koosseisu-osadeks. Toiteolluste rakkude koosseisu-osadeks muutumist nimetatakse assimilatsiooniks, sarnastamiseks.

Taimed võtavad juurte abil mullast ühes veega mineraalolluseid ja lehed ammutavad õhust süsihaput gaasi. Vastuvõetud ollused muudetakse klorofüllil ja päikesevalguse abil orgaaniliseks ühendeiks: valkudeks, süsivesikuiks, rasvuks. Taimed suudavad assimileerida mineraal-soolasid ja süsihaput gaasi. Ses suhtes erinevad nad märksa loomist, kellel puudub säärane võime. Loomade ollustevahetus põhjeneb orgaaniliste ühendite assimilatsioonil. Ent isegi kõik taimed ei suuda sarnastada anorgaanilisi ühendeid (eriti CO_2 -t): seemed ja teised leheroheliseta taimed.

Ollused, mis organism sarnastanud, laguvad hiljemini jälle lihtsamaiks olluseiks. Raku protoplasmas toimub alaline valkude, süsivesikute ja rasvade lagumine. Lagumisel tekivad hoopis isesugused lõppsaadused, mis enam raku elule kasulikud ei ole ja mida rakud harilikult enesest eritavad. Sarnastatud olluste lagumine — dissimilatsioon toimub peaausjalikult oksüdatsiooni teel, milleks organism tarvitab vaba hapnikku (hingamine). Süsivesikute ja rasvade oksüdeerumise ehk hapendumise lõppsaadusina tekivad CO_2 ja H_2O . Valkudest tekivad loomorganismis lõppsaadusina tuttavamaist ühendeist NH_3 , kusi-

nik — $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ja kusihape ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$). Taimiski toimub süsivesikute, rasvade ja valkude dissimilatsioon. Süsivesikute ja rasvade dissimilatsiooni lõppsaadusina esinevad samuti CO_2 ja H_2O . Lämmastikulist ühendite suhtes on aga taim väga kokkuhoidlik. Siiski tekivad taimiski valkude lagumisel lämmastikkusisaldavad lõppsaadused, mis sagedasti rakkudesse kuhjuvad. Nii tekib taimis ammoniaak (NH_3) ja muutub hapetega amiidideks. Seenis ühineb NH_3 oblikhappega kahjutuks ühendiks. Seente ja bakterite kultuures vabaneb palju ammoniaaki. Huvitaval kombel võib pärmiseenis tekkida sama valkude lõppsaadus, mis loomis nõnda rohkesti esineb, nimelt kusinik.

Taimede ja loomade ollustevahetusel on seega küll mõned lahku minekud olemas, eriti süsihappe sarnastamise ja lämmastikuühendite eritamise suhtes. Ent need lahku minekud pole mitte nii väga olulise loomuga. Assimilatsioonisaadused on taimes kui ka loomas ühesugused: süsivesikud, rasvad, valgud. Niihästi taimes kui loomas toimub nende assimilatsioonisaaduste dissimilatsioon, mis toimub mõlemal juhtudel fermentide kaastegevusel hapendumise (oksüdeerumise) teel. Peale selle on taimede ja loomade dissimilatsioonisaadused suurel määral samad (CO_2 , NH_3 jt.). Taimes ja loomas toimub ühtede ja samade olluste vahetus. Selles on sisuline ühtlus. Eri nimine esineb peaaesjalikult assimilatsioonivõime ulatuses.

Seega seisab ollustevahetus järgmisis avaldusis :

1. olluste vastuvõtmine,
2. assimilatsioon,
3. dissimilatsioon,
4. eritamine.

Elusas olevuses toimub alalõpmata muutus, ollustevahetus. Uusi olluseid võetakse vastu, tarvitatud heidetakse välja. Ollustevahetus on üks kõige iseloomulisemaist elusolevuste tunnuseist (võrdle kiviga!).

A. Ollustevahetuse organid. Kõige lihtsamad elusolevused, nagu näiteks amöüb ja kingloom, võtavad toidukübemekesed otseselt enesesse ja seedivad ning assimileerivad sealsamas (rakusisene seedimine). Ka õõsloomade (hüdraliste, korallide), käsnade, imiussiliste (kakssuulane) ja rips- ehk virveussiliste seedimisorganeis toimub rakusisene seedimine. Sooltes parasiteerivad ripsloomad (*Opalina*) ja paelussid võtavad lahustunud toiteolluseid kogu keha pinnaga vastu. Kaugelt suuremal osal loomil toimub seedimine erilises kanalis, kuhu nõristuvad seedimismahlad. Toidu vastuvõtmiseks on kujunenud mitmesugused suuorganid. Vedelat toitu ammutatakse imevate suuosadega (täid, lehetäid, liblikad,

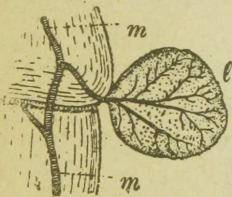
kahetiivalised, lutikalised). Kõva toitu peenendatakse hammasaparaadiga (meresiilid), kitiinsete lõugadega (vähid, putukad jt. lülijalgsed), kitiinse viiliga (teod) või luust hammastega (selgrootised). Toidu hammaste alla ja kurku juhtimiseks omavad kõrgemad selgrootised keele. Kaladel on keel väike, iseseisvalt mitteliikuv volt. Paljud kahepaiksed ja roomajad püüavad keele abil saaki. Osal loomil peenendatakse toit veel närimis- ehk lihasmaos (liimukas, mõned mardikad, sihktiivalised, kõrgemad vähid, — kivikestega lihasmaos tuvidel ja kanadel). Maismaa selgrootisel nõrgub süljenäärmeist suhu limane sülg, mis niisutab toidupala ja kergendab seega neelamist. Imetajail sisaldab sülg peale lima veel fermenti ptüaliini.

Seedimiskanalisse nõrguvas seedimismahlas leiduvad fermentid. Selgrootulgi sisaldavad seedimismahlad valkude, süsivesikute ja rasvade lammutamiseks fermente. Imetajate maku nõrguvas mahlas on isepärane ferment pepsiin ja soolhape. Kõigi selgrootiste soolde avaneb kõhunääre ja maks. Kõhunäärme nõre sisaldab fermentid valkude (trüpsiin), tärklise (diastaas) ja rasvade (lipaas ehk steapsiin) seedimiseks. Seedimatud toiduosad heidetakse välja päraku kaudu. Seeditud toiteollused immitsevad läbi soolte seinte soontesse. Sisseimemis-pinna suurendamiseks moodustavad sooled kromad ehk hatud (kalad, linnud, imetajad). Ussidel peitub kehaõõnes vedelik, kuhu immitsevad sooltest toiteollused. Rõng-ussidel (näit. liimukal) on juba soontekava kapillaaridega, kus „veri“ voolab soonteseinte kokkutõmbumise tagajärjel. Liimuka vere plasmal on lahustunud punane värvollus hemoglobiin, mis ühineb kergesti hapnikuga. Okasnahkseil, lülijalgseil ja limuseil on soontekava enamasti lihtsam kui rõng-ussidel. Neil seisavad sooned ühenduses kehaõõnega. Selgrootisel on jälle soonteõõs kehaõõnest täiesti eraldunud, s. o. soontekava on suletud. Selgrootisel on vere liikuma panekuks hästi arenenud süda. Kalade süda koosneb ühest kojast ja ühest vatsakesest, kust voolab venoosne veri lõpuseisse. Kahepaikseil on südamele kaks koda ja üks vatsake (8. joon.). Roomajate südame vatsake on jaotatud kahte ossa mittetäieliku vaheseinaga (täielik krokodillel), nii et nende süda on juba neljaosaline. Lindudel ja imetajail on pahem südame pool (koda ja vatsake) paremast vaheseinaga täiesti eraldatud (8. joon.) ning selle tagajärjel ei saa segineda kopsudest tulnud arteriaalne veri kehast tuleva venoosse verega. Seejärele varustatakse lindude ja imetajate organid puhta, kopsudest tulnud arteriaalse verega, kuna roomajate ja kahepaiksete organeisse voolab arteriaalse ja venoosse vere segu. Nii siis kasvab südame ehituse tüsilikkus (keerulisus) kalust

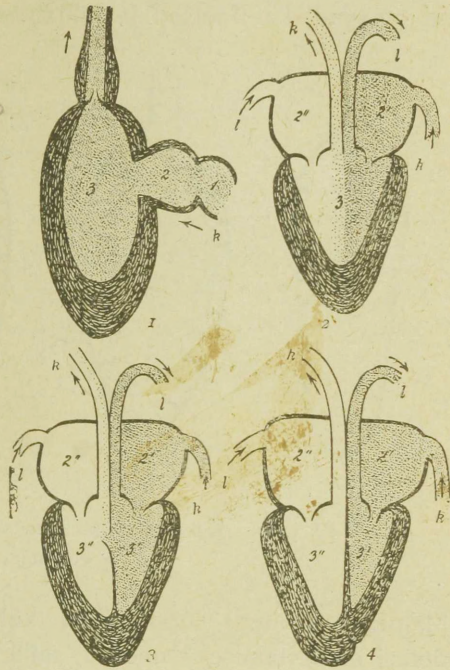
kuni imetajaini. Peale tuiksoonte ehk arteride ja veenide on selgroolisil ka lümf (ihumahla) sooned, mis kõrgemal esindajail enam arenenud, kanalsüsteemiks kujunenud. Selgrooliste veres leiduvad peale valgete vereliblede, mis esinevad selgroo-
tuilgi, ka punased verelible. Neis peitub hemoglobiin, mis on hapniku edasikandjaks. *südam 28. v 1040*

c. Kõige madalamad loomad võtavad hapnikku vastu kogu keha pinnaga (ainuraksed, õõsloomad ja ussid). Ainult mere rõng-ussid hingavad juba eriliste lisandite — lõpuste abil. Lõpustega hingavad limused, vähid, meritähelised, merisiilikulised ja ka kalad ning osalt kahepaiksedki. Maismaa selgrootud hingavad harilikult traheedega (putukad, ämblikud, hulkjalgsed) või iseäraliste kopsudega (maismaateod). Isegi vees elavad putukad hingavad traheedega õhku ammutes, milleks nad peavad ajuti veepinnale tõusma. Vees elavil putukate vastseil ehk larvel esinevad traheelised lõpused (kiilkärbselised, 9. joon.).

Kopskalad hingavad peale



9. joon. Kiilkärbse vastse traheaalne lõpus (suurendatud). *l* — lõpus; *m* — trahee haru.

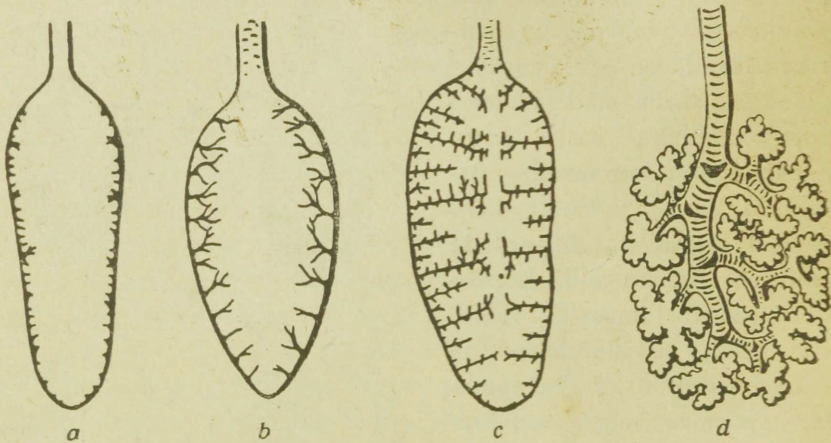


8. joon. Südam ehitus: 1 — kalal, 2 — kahepaiksel, 3 — roomajal, 4 — imetajal. Punkteeritud on venoosne südamosa. 2 — koda, 3 — vatsake, *l* — kopsuarter, *k* — keha-arter.

lõpuste veel kopsude abil. Need kopsud ei ole midagi muud, kui lõpuskoopasse avanenud ujumispõied, mille siseseinal rikkalik veresoonestik (10. joon.). Kahepaiksel on koti-
laadsed kopsud jaotatud vaheseintega suurisse kambresse. Roomajategi kopsus leiduvad võrdlemisi suured kambrid. Imetajail aga on kopsu-
mullikesed ehk alveoolid õige väikesed ja seega pind gaasivahetuseks väga suur.

Erilised eritamisorganid puuduvad kõige madalamail loomil (käsna, õõsloomad). Nende

rakud eritavad otse välisesse keskkonda. Rõng-ussidel (näit. liimukal) on eritamisorganiks torulised segmentaalsed organid ehk metanefriidid, mis avanevad segmendis lehrilaadse osaga. Torulaadsed eritamisorganid omavad ka limused ja lülilajgsed. Putukail avanevad need torud



10. joon. Kopsud (skemaatselt): *a* — kopskala, *b* — konn, *c* — roomaja, *d* — imetaja.

(Malpighi sooned) lõppsoolde, kuhu nende eritised valguvad. Selgroolisil on eritamiseks neerud, mille kuju on väga mitmesugune. Roomajad ja linnud eritavad neerude kaudu peasjalikult kusihapet, nii et nende kusi on kindlas olekus. Haikalul, amfiibel, roomajail, lindudel ja kloaagilisil (nokkelajas jt.) avaneb kuse viimatoru lõppsoolde, kloaaki; kõrgemail imetajail aga eraldi soolest. Neerude kaudu eritatakse peasjalikult valkude dissimilatsiooni lõppsaadused (kusiaine, kusihape jt.) ja mineraaloolad. Kopsude kaudu eritatakse süsihapu gaas.

Olluste vahetuse organid on kõrgemail loomil üldiselt rohkem spetsialiseerunud kui madalamail.

Energiavahetus. Keemilised ollused, mis laguvad organismis, sisaldavad rohkesti vabastatavat energiat. Kuidas keemilisi olluseid võib rikastada energiaga, selle kohta on heaks näiteks vee elementideks lahutamise elektrilise abil. Elektrolüüsil taandub vesinik, s. o. vesi lagub hapnikuks ja vesinikuks. Kirjeldatud lahutamisprotsessiks on elektriline energia tingimata tarvilik, kusjuures energia koondub elektrolüüsi lõppsaadusisse. Tarvitseb vesinik põlema süüdata ja elektrilise energia, mis

1) $\text{H}_2\text{O} + 68,36 \text{ kal.} = \text{H}_2 + \text{O}$.

koondus temasse keemilise energiana, vabaneb soojusena ja valgusena¹⁾. Taimis neeldub valguse-energia ja moonduv keemiliste ühendite (valkude, süsivesikute ja rasvade) energiaks. Neist orgaanilisist ühendeist võib vabastuda energia: põlemisel tekib soojus ja valgus. Keemiline energia võib ka teisiks energia vormeks muutuda. Galvaanilises elemendis toimuvad keemilised protsessid ja tekib elektrienergia. Plahvatusel muutub keemiline energia mehaaniliseks energiaks ehk tööks. Nii siis võib keemiline energia moonduv soojuseks, valguseks, mehaaniliseks energiaks ja elektrienergiaks.

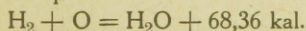
Organismide elutegevusel moonduv keemiline energia teisiks energia vormeks. Keemiliste olluste energiasisaldavust mõõdetakse soojuse hulgaga, mis vabaneb oksüdeerumisel. Hapnikus põlemisel tekib mitmesuguseist toiteolluseist ühe grammi kohta järgmisel määral soojust:

kobarsuhkur .	3,7	suurt	kalorit
roosuhkur . .	4,0	„	„
tärklis . . .	4,2	„	„
rasv	9,3	„	„
muna-albumiin	5,7	„	„
kaseiin . . .	5,9	„	„

Valgud annavad organismis vähem energiat kui põlemisel (keskmiselt 4,1 kal.), sest et neist tekivad sääraseid lõppsaadused (kusinik ja kusihape), mis veel energiat sisaldavad.

Soojuse-energia organismes. — Nagu öeldud, toimub organismes alaliselt ollustevahetus, kusjuures hapnik ühineb rakkude koosseisu-osadega. Säärane olluste muutumine käib käsikäes keemilise energia moonumisega teisiks energiaks. Kõrgemate loomade, eriti soojavereliste ehk püsisoojaste organismis tekib suurel hulgal soojust. Nende keha temperatuur on alaliselt ühesugune, tavaliselt kõrgem ümbruskonna temperatuurist (37 kuni 42° C). Ent mitte üksnes imetajate ja lindude, vaid ka teisis organismes tekib soojust. Näiteks on konna temperatuur ikka kõrgem (sagedasti mõne kraadi võrra) ümbruskonna temperatuurist. Mesilaste elutegevuse tagajärjel võib temperatuur tarus 30 kuni 40°-ni tõusta. Taimiski tekib soojus. Idanevate seemnete temperatuur võib olla 1,5° C kõrgem ümbruskonna temperatuurist. Kiiresti kasvavate võhaliste öietõlvikute temperatuur tõuseb kuni 15° C

1) Reaktsioon toimub vastupidiselt:



kõrgemale õhu temperatuurist. Lehtede ja niiske heina kopitamisel, mis toimub ühe bakteri elutegevuse tagajärjel, võib temperatuur väga kõrgele tõusta (kuni 70° C). Mitmesuguste teistegi taimede kiiresti kasvavais osades on ümbruskonnast erinevat temperatuuri konstateeritud. Üldiselt on aga taimede ja alamate loomade temperatuur väga vähe kõrgem ümbruskonna temperatuurist, nii et sagedasti temperatuurivahet raske tõestada. Ent ei või kahelda, et neiski tekib soojust, sest et neiski toimuvad keemilised protsessid, eriti oksüdeeruvad orgaanilised ühendid. Seejärel tekib igas elusolevuses suuremal või vähemal määral soojust.

Mehaaniline energia organismes. Kõige silmapaistvalmal viisil avaldub mehaaniline energia liikumises ehk mehaanilises töös. Liikumiseks kulub energiat. Füsioloogia töömõiste erineb teataval määral mehaanika töömõistest. Füsioloogiline töö toimub ka siis, kui organism liigub horisontaalselt. Selgi juhul on liikumiseks energia tarvilik.

Amööbis voolab protoplasma moodustades võltsjalakesed. Ripsloomad (infusoorid) liiguvad ripsmete abil. Viburloomad liiguvad nende keha etteotsa kinnitatud vibuka abil. Õösloomil on liikumiseks juba lihasraku taoliselt differentseerunud rakuosad. Kõrgemad loomad liiguvad lihaste varal, mis omavad võimet kokku tõmbuda ja lõtvuda. Silelihaste kokkutõmbed on aeglased, vöödilisel lihasel on aga kokkutõmbe kestus õige lühike ning seejärel on organeis, mis kiireid liigutusi sooritavad (jäsemed — jalad, tiivad; kerelihased), vöödilised lihased. Soonte seinte, soolte, põie, jt. lihased sooritavad aeglasi liigutusi ning nad koosnevad silelihas-rakest. Vöödilised lihased kinnituvad tavalisest luude või kitiinkesta külge, mida lihased liikuma panevad otsekui kangisid. Töö, mida hästi differentseerunud liikumisorganitega elus olevus võib sooritada, on sagedasti väga suur. Nõnda näiteks võib inimene päeva jooksul 300 000 ja enamgi kilogramm-meetrit tööd teha.

Taimorganismeski avaldub mehaaniline energia. Teatavasti liigub protoplasma paljude taimede rakkudes kaunis kiiresti. Vesikatku (*Helo-dea canadensis*), nõgese karvakeste, juudihabeme (*Tradescantia*), jt. rakkudes toimub märgatav protoplasma liikumine. Mitmesuguste vetikate zoosporid liiguvad vabalt vees. Sõnajalgade, sammalde seemnerakud on liikuvad. Rakkude keerulisel pooldumisel ehk karüokineesil toimub kromosoomide ja tsentrosoomide liikumine.

Lehtede köitraod (kõrvits jt.) teevad mõne asjaga kokkupuutumisel liigutusi, mille sihiks on köita lehte toele.

Õite sulgumine ööseks ja avanemine päevajaks on väga sagedane nähtus (võilill,

seanupp jt.). Õied või õisikud laskuvad sagedasti ööseks longu (porgand, põldkannike jt.). Need liigutused olenevad mitteühtlasest kasvamisest.

Õhtu tulekuga tõmbuvad kokku ristikkeina lehed, nii et keskmine leheke katab vertikaalselt asetsenud äärmised (11. joon.). Üksteise ligi asetsevad ööseks ka jänsekapsa, häbeliku mimoosi (*Mimosa pudica*), valge akaatsia jt. lehekesed. Need liigutused on tingitud rakkude turgori muutusist ning on seega osmootse rõhumise muutuste tagajärjeks. Ärrituste mõjul tõmbuvad häbeliku mimoosi lehekesed üksteisele ligi ja kogu leht laskub longu (12. joon.). Putukasööjad taimed võivad kaunis kiiresti oma leheosi kokku tõmmata (kärbsepüünis — 13. joon.,



11. joon. Ristikkeina lehekesté seis öösi.



12. joon. *Mimosa*. *a* — oksa rahulik (päevaaja-) seisund, *b* — seisund ärrituse järele (öösi).

huulhein jt.). India taime *Desmodium gyrans*'i kolmiklehe väikesed paarislehekesed teevad alaliselt tiirlevaid liigutusi (14. joon.). — Kasvavad juured suruvad tugeva jõuga mullaosakesi ja kaljurahnusid eemale ning tungivad ise sügavamale. Toiteollused ja vesi, mida juured vastu võtnud, kantakse üles lehisse ja orgaanilised ollused osalt tagasi juurisse. Säärane olluste liikumine taimorganismis on ühenduses rakkude elutegevusega. Kõigest sest näeme, et taimorganismeski toimuvad liigutused, avaldub mehaaniline energia. Seski asjas on taimorganismide elutegevus sarnane loomorganismide omaga.

Peale loendatud liigutuste, mis seisavad ühenduses taimede elutegevusega, avalduvad taimil teisedki liigutused, mis aga pole ühendatud eluavaldustega. Mitmesugused viljad, nagu kaunad, kōd-

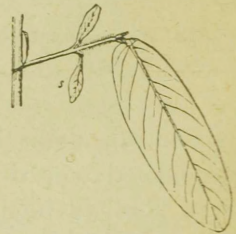
rad, kuprad ehk kugarad avanevad lihtsalt kuivamise tagajärjel. Männikäbide soomused avanevad kuiva ilmaga, tõmbudes kõveraks, pärast vihma on nad aga ligistikku tõmbunud, sirgunud. Viljakestad, käbisoomused on niiskuses tursunud, kuivas aga kaotavad nad vett ja muudavad ühes või teises sihis oma seisu.



13. joon. Kärbspüünis.

kalad, kellel on osa lihaseid elektrioorganiks diferentseerunud¹⁾. Et aga isegi õige lihtsais loomorganismes on lihasrakud, siis selgub juba sellest, et loomade seas on elektrenergia tekkimine väga harilik nähtus. Elektrivoolud tekivad samuti ka ergurakkude ja närmerakkude tegevusel.

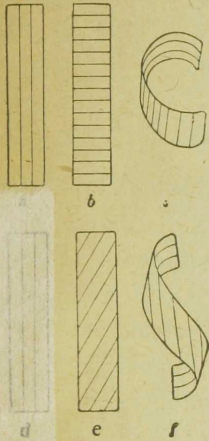
Taimiski on tõestatud elektrivooluste tekkimine. On leitud, et taimis, mis suudavad sooritada kiireid liigutusi, avalduvad liigutuste ajal elektrivoolused (häbelik mimoos, kärbspüünis). Samuti tekivad nõrgad voolused lehe vigastuse ja lehepinna valgustuse korral. Et igas elusas rakus elektrenergia avaldub, on rea uurimuste varal hoopis tõenäoseks tehtud.



14. joon. *Desmodium gyrans*'i leht.

1) Elektrioorgani vool on väga lühikese kestusega ja pingeline ulatub kuni mitmesaja voldini. Lõuna-Ameerika jõgedes elutsev kala *Gymnotus electricus* loob pinget kuni üle 400 voldi; Põhja-Ameerika jõgedes elav *Malopterurus electricus* — 200 voldini.

Valguse-energia organismes. Algloomade seas on rida esindajaid, kel on valgusevalmistuse võime. Hiilgavad paljud viburilised. Merehiilguse tekitajana etendab tähtsat osa põisviburlastist ööhiilgur (*Noctiluca*, 16. joon.). Öösi paistab nende fosforiläike sarnane valgus ja äratav vaatleja



15. joon. „Paberkauna“ keerdumine.

uudishimu. Vähemagi veelainetuse korral põrkavad loomakesed üksteise vastu ja puhkevad heledamalt hiilgama. Hiilgavad ka mõned öösloomad (meduused, korallid, kammloomad ehk ktenofoorid), ussid, okasnahksed (madutähelised), limused ja madalamad vähid (aerjalalised). Üldiselt tuntud on hiilgavad mardikad. Jaanimardika

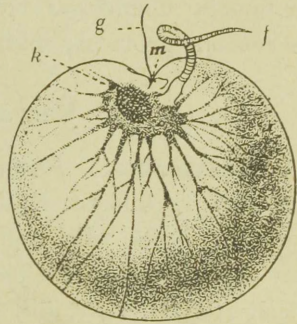
(„jaaniussi“) tagakehal leiduvad valged täpid, laigud, millest hiilgus paistab. Väga heledasti hiilgavad mõned naksurlased (eriti mardikas *Pyrophorus*, Ameerikas). Kalade seas on üle 230 liigi, kel on leitud hiilgusorgan. Eriti sagedasti hiilgavad süvavee-kalad.

Mõnelgi korral on hiilgavad bakterid põhjustanud ebaukslikele arvamisile. Nii juhtub, et liha või kalad hakkavad nende mõjul korruga hiilgama. Hiilgavad ka mõnede roiskuvate puus kasvavate seente mütseliiumid, seen-niidid. Nende hiilgust võib tähele panna öösi, iseäranis kändudel pärast kestvat vihmasadu.

Paljudel juhtudel ei näi hiilgusel mingisugust tähtsust olevat, nimelt bakterite ja seente hiilgusel. Alaliselt hiilgavail loomil, nagu süvavee-kaladel, näib hiilgus kasulik olevat lähema ümbruse valgustamiseks. Mardikail ja mõnel teisel loomal on hiilgus juhiks teise sugupoole ülesleidmisel. Mõnel juhul on hiilgus nähtavasti kaitse-abinõuks. Ajuti lõkkele lööv hiilgus meelitab vaenlase hiilguse sihis liikuma, ent hiilgaja põgeneb eemale, või ta jätab kohale hiilgavat sekreeti, lima, mida vaenlane saagiks peab (käsijalgseid).

Valgus, mis hiilgusel näha, tekib mõnesuguste orgaaniliste oluste hapendumisel. Takistatakse hapniku juurdevool hiilgavaile organismele, siis kaob hiilgus.

Ülevaade. Organismid tarvitavad oma eluks keemilisi olluseid, millest võib energia vabaneda (peaasjalikult hapendumise puhul). Teiste sõnadega, organismid tarvitavad keemilist energiat, mis muudetakse tei-



16. joon. Ööhiilgur (*Noctiluca*). *g* — vibukas, *m* — suu, *k* — tuum, *f* — liikumisniidike.

siks energiavormeks. Energiavaesed ollused eritatakse. Elutegevus toimub energia kulul. Eluavalduused on keemilise energia muundumise tagajärjeks. Keemiline energia muudetakse organismis tööks (üldse mehaaniliseks energiaks), soojuseks, elekterenergiaks ja valgusenergiaks. Energia- ja ollustevahetus on lahutamata ühenduses teineteisega. Energia- ja ollustevahetus on üks ja seesama protsess, mida võib vaadelda kahest küljest.

2. Kasvamine, arenemine ja sigimine.

Kasvamine. Assimileerib rakk rohkem kui dissimileerib, siis suureneb ta olluste hulk ning ühes sellega suureneb harilikult raku ruumala. Rakk võib muidugi ainult teatava piirini suureneda. Seisab ikka assimilatsioon ülekaalus, siis toimub kas raku rikastumine varuaineist (tähtlis, rasv, õli) või aga raku pooldumine. Ainuraksete pooldudes lahkuvad tekkinud rakud teineteisest ja elavad iseseisvalt edasi. Hulkraksete organismis jäävad aga pooldumisel tekkinud rakud harilikult üksteise kõrvale ja moodustavad koed. Hulkrakse taime ja looma kasvamisel suureneb rakkude arv ning seejärel põhjendab nende kasvamine peaaegalikult rakkude pooldumisel ehk jagumisel. Erandiks ses suhtes on kõrgemate loomade ergukava ja vöödilised lihased. Noores vastündinud loomas on ergu- ja vöödilised lihasrakud vähemad kui täiskasvanus: nad suurenevad kasvamisel.

Puude jämedamaks kasvamine toimub mähjarakkude sigimise ja differentseerumise kaudu. Tüve, okste ja juurte tipul asetseb protoplasma-rikaste ühetaoliste ja nurgeliste rakkude kogu (meristeam), mis alaliselt poolduvad ja siis differentseeruma hakkavad, moodustades mitmesugused koed. Teistegi taimede kasvamine seisab ühetaoliste kandikuliste meristeamrakkude pooldumises ja differentseerumises.

Seejärel seisab lihtne rakkude kasvamine assimilatsiooni (A) ülekaalus dissimilatsiooni (D) üle:

$$A > D.$$

Hulkraksete kasvamisel toimub peale assimilatsiooni ülekaalu ja rakkude ruumala suurenemise veel rakkude paljunemine. Organismi kasvamine on aga piiratud.

Sigimine ja arenemine. On indiviid teatava suuruseni kasvanud, siis sünnitab ta uusi indiviide. Uute indiviidide tekkimine ongi sigimine.

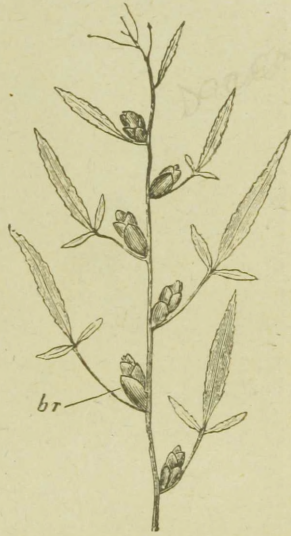
Sugutu sigimine. Taimede sugutu sigimine on väga harilik. Bakterid ja paljud vetikad sigivad pooldumise teel. Pärmiseen sigib

pungumise teel. Seened, samblad, osjad ja sõnajalad sigivad enamasti eoste varal. Õistaimilgi on mitmesugused sugutu sigimise vahendid. Paljud õistaimed, nagu maasikad (17. joon.), hanijalad jt. loovad sigimiseks võsundid. Rida taimi sigib juurevõsude abil. Väikesed haavad, mis metsa all kasvamas, on ikka kinnitatud mõne vana haava juurele ning on seega arenenud juurevõsud. Hammasjuurel tekivad sigimiseks lehtede kaenlas mugulakesed (18. joon.). Suur hulk õistaimi sigib juurikate abil (ülane, vesiroos, orasrohi, roog, emanõges jt.). Ka mugulad on sugutu sigimise vahendiks (kartul). Hulk taimi moodustab sigimiseks sibulad (sibul, laugud, tulbid, hüatsindid, kuldtähed jne.). Paljud veetaimed moodustavad talveks isesugused pungad ehk võrsed, mis kevadel kasvama hakkavad (kilbukas, kardhein, vesihernes, kähar penikeel jt.).

Paljud madalamad loomad sigivad sugutul viisil. Algloomad poolduvad, misjärele kumbki rakk iseseisvalt edasi elab. Pooldumine ehk jagumine esineb ka ketasmeduusiliste teataval arenemisastmel ja usside seas



17. joon. Maasika võsund.

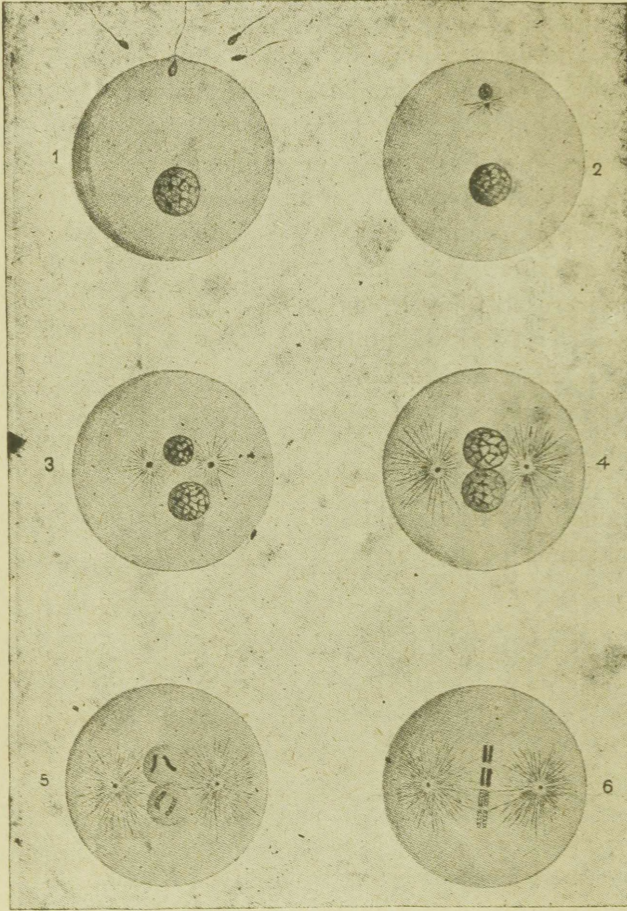


18. joon. Hammasjuur sigimispungadega lehtede hõlmas.

(mõned harjasussid ja ripsussid). Paljud ussid võivad jaguda pooleks või koguni mitmesse ossa. Hüdra sigib pungumise teel. Tal tekib ektodermist ja entodermist koosnev pung, mis kasvab ja viimaks emaloomast vabaneb. Pungumine esineb ka korallilistel, sammalloomadadel ja karikloomadel ehk nõgesmeduusidel, kusjuures tekkiv individ jääbki ühendusse emaorganismiga, moodustades asunduse. Mõned algloomadki sigivad pungumise teel.

Suguline sigimine. Sugulisel sigimisel tekib uus individ ühest rakust (munarakust), millega harilikult ühte liitub seemnerakk (sigitus, 19. joon.). Kõige lihtsamal kujul esineb suguline sigimine vetikail.

Niitvetika ulootriksi sugulise sigimise alul poolduvad niidi rakud oma kestade sees palju kordi ja selle tagajärjel tekivad vibukalised sugurakud (gameedid), kes läbi lõhkenud rakuseina vette ujuma pääsevad (20. joon.).



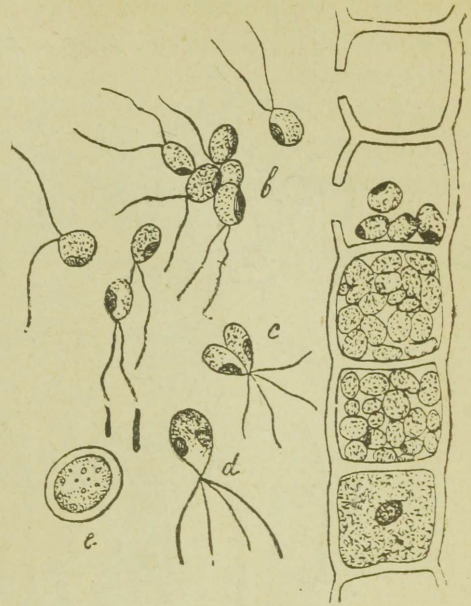
19. joon. Sigitus. 1 — seemneraku munasse tungimine. 2 — seemneraku pea (tuum) munaraku keske poole tungimas, tsentrosoomi ümber kiirgus tekkinud. 3 ja 4 — tsentrosoom (keskkeha) pooldunud, mõlemad tuumad raku keskel. 5 ja 6 — pooldumise algus.

Puutuvad kaks teineteisele vastu juhtunud erilist niitidest suguraku kokku, siis liituvad nad üheks rakuks. See sigitatus liit-sugurakk kattub kestaga, elab teatava rahuaja üle ja jagub üksikuiks liikuvaiks rakeks. Viimased hakkavad niidiks kasvama, mis lihtsalt raku pooldumise teel toimub. Kirjeldatud juhul olid mõlemad kokkuliituvad sugurakud täiesti ühesugused oma suuruse, liikuvuse ja ehituse poolest (isogameedid). Ent on ka vetikaid, kes kujundavad väikesed ja suured sugurakud (21. joon.).

Ning needki erinevad sugurakud (heterogameedid) on varustatud vibukatega ja liiguvad mõlemad. Suuremat suguraku võime sel juhul nimetada muna- ehk ema-sugurakuks, vähemat seemne- ehk isa-sugurakuks. Need nimetu-

sed on seda enam õigustatud, et sigitus ise võib toimuda alles siis, kui munarakk vibukad sisse tõmbab, ümmarikuks muutub ja seisma jääb. Viimaks on väga palju vetikaid ja eostaimi, kel on munarakk juba märksa suurem seemnerakust ja pole mitte liikuv. Eostaimil on sagedasti liikuvad seemnerakud, kes tungivad isesugusesse moodustisse — munapessa (sõnajalad, osjad jt.), kus peitub munarakk (22. joon.). Eespool esitatud näited on heaks järk-järgulise sugurakkude differentsiatsiooni illustratsiooniks.

Seemnelisil täidavad seemnerakkude ülesannet tolmuterad. Munarakk on õistaimil seemnepungas peitavas idukotis. Emakasuudmele langenud tolmuterast kasvab niit kuni idukotini (23. joon.). Tolmutera tuum pooldub ning teine (generatiivne) tuum liitub ühte munarakuga. Sigitatud munarakk hakkab jaguma. Siin järgneb näitena hiirekõrva arenemine.

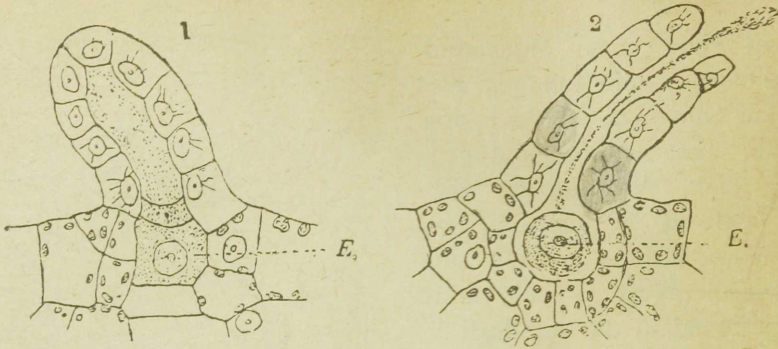


20. joon. Ulootriksi suguline sigimine. *a* — niit sugurakkudega, *b* — üksikud sugurakud, *c* — sugurakud ühte liitumas, *d* — ühte liitunud sugurakud, *e* — sama puhkusstaadiumis.

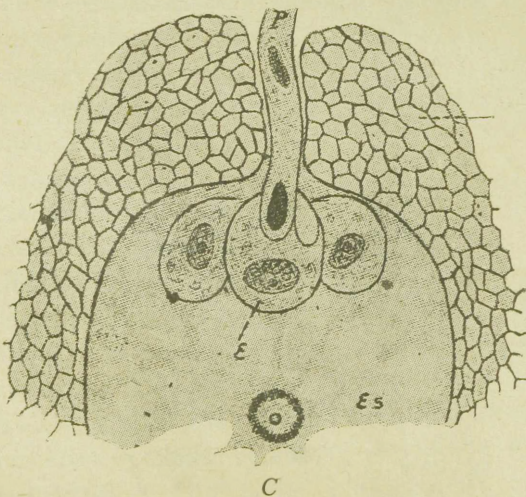
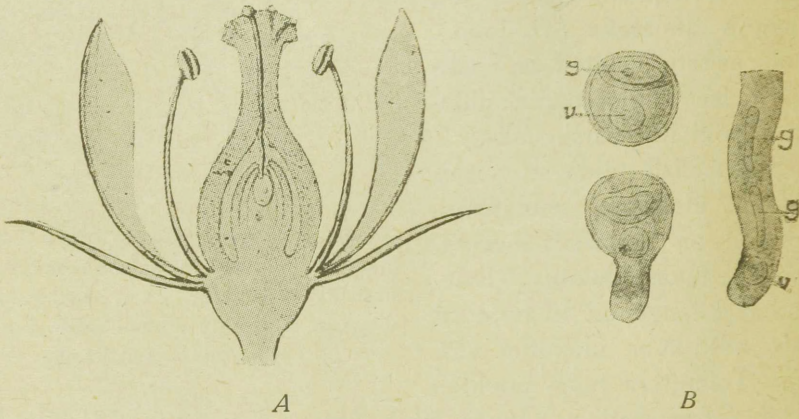


21. joon. Vetika *Aphanochaete sigitus*. 1 — isa-sugurakk, 2 — ema-sugurakk, 3 — sigitus.

Munarakk pooldub alguses mitu korda ristisihis ning rakud moodustavad niidi (24. joon. 1). Niidi tipprakk areneb looteks. Ta pooldub esiti kaheks, siis neljaks ja kaheksaks, kusjuures kõik jagumispinnad (3) on üksteisele perpendikulaarsed (I). Pärast seda poolduvad rakud sihis, mis on paralleelne rakukogu vaba pinnaga, nii et tekivad 8



22. joon. Sõnajala munapesad (arheooniumid).

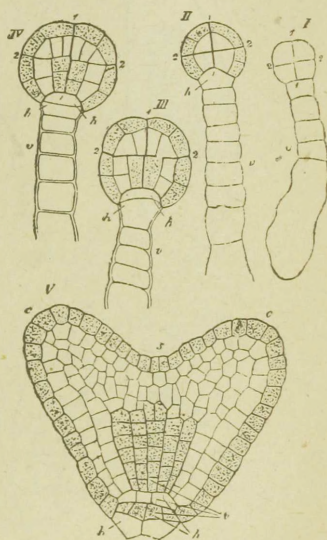


23. joon. Õistaimel sigitus. A — õieläbilõik. Emaka suudmel idanevad tolmutterad. B — tolmuttera idanemine (v — vegetatiivne, g — generatiivne tuum). C — sigitus. Seemnepunga ülemine osa, Es — idukott, E — munarakk, P — tolmuttera niit tuumadega.

sisemist ja 8 välimist raku (II). Välimise kihi rakud poolduvad edaspidi ainult perpendikulaarselt välise vaba pinnaga ja moodustavad hiljemini taime marraski (III). Seesmiseid rakud poolduvad mitmes sihis ja moodustavad juure ning tüve sisemised osad (IV, V). Rakud hakkavad differentseeruma, iseäranis siis kui seeme idaneb, ning aegamööda kujuneb taime kõigi tema organitega. Täheleb, ühest sigitatud munarakust areneb taime kogu oma tüsiliku ehitusega.

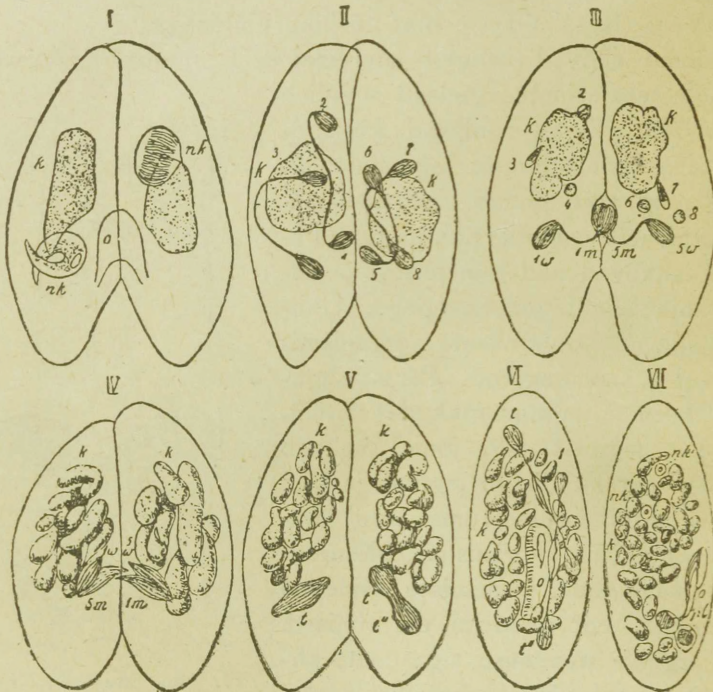
Loomad sigivad kaugelt suuremal osal juhtudel suguliselt. Isegi ainuraksete seas esineb sagedasti suguline protsess. Nii näiteks heidavad kingloomad teatava arvu sugutute jagumiste järel ühte ning neis toimub vastamisi osaline rakutuumade vahetus (25. joon.). Pärast seda lahkuvad nad teineteisest ja sugutu sigimine algab uue energiaga. Üldiselt kujunevad hulkraksete organismis munarakud ja seemnerakud. Pärast sugurakkude (seemne- ja munarakkude) ühteliitumist ehk sigitust (19. joon.) hakkab sigitatud munarakk kiiresti jaguma ja tekkinud rakud differentseeruma ning järkjärgult areneb uus organism. Mitmesuguste loomaklasside arenemises esinevad lahkuminekid, ent need ei ole olulised. Alamaal järgneb arenemise algastmete kirjeldus, mis toimub väga korrapäraselt (süstitikkala arenemine). Sigitatud munarakk hakkab jaguma ehk poolduma. Munaraku jagumist hüütakse vaostumiseks ehk

lõigustumiseks (ka segmentatsiooniks). Esiti tekib ühest rakust kaks (26. joon.). Need mõlemad poolduvad uuesti ning selle tagajärjel tekib neli raku. Mõlemad esimesed pooldumised toimuvad munaraku meridiaani sihis. Edasi jagub iga rakk munaraku ekvaatori pinna sihis ning nii tekib 8 raku. Tekkinud rakud poolduvad ikka jälle uuesti meridiaanide ja ekvaatoripinna sihis, nii et rakkude arv tõuseb 16, 32, 64 jne. peale. Viimaks tekib rakkude kuul, mis seest õõnes ja ainult ühest rakkude kihist koosneb (26. joon.) Säärast õõnsat rakkude kogu nimetatakse blastulaks. Kui viimaks korrapärane rakkude kuul, blastula, teatava piirsuuruseni jõudnud, siis hakkavad ta alumise osa



24. joon. Hiirekõrvaloote arenemine. I–V — järjestised astmed, c — idulehtede, w — juure alge.

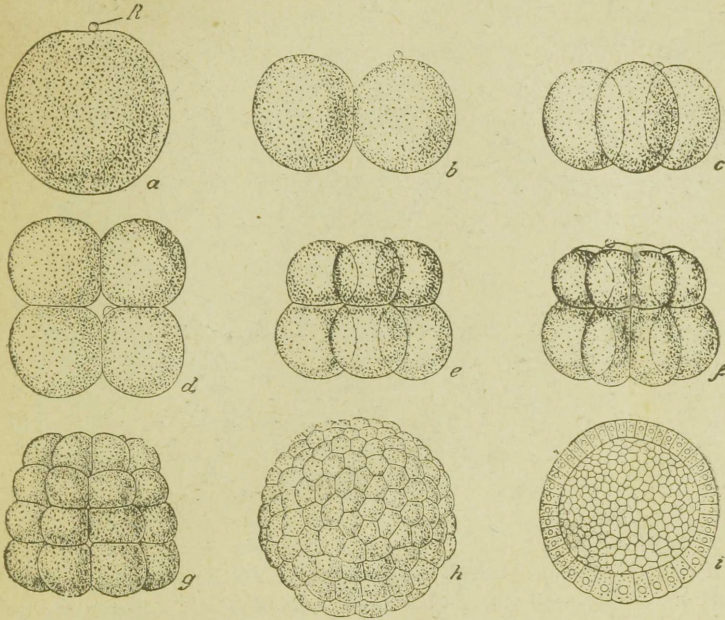
rakud kuuli keskele sisse tungima, sisse soppuma. Sissesoppumine (invaginatsioon) vältab seni, kuni sissesoppunud rakkude kiht ülemiste, kohale jäänud rakkude kihiga täielikult kokku puutub (27. joon.). Sel viisil tekkis siis kahest rakkude kihist koosnev moodustis õõnega (algsool) ja algsuuga. Säärast moodustist hüütakse gastrulaks.



25. joon. *Paramaecium*'i (kinglooma) konjugatsioon. I. Suudpidi kokkuheitnud loomakesed. II. Mikronukleus ehk väike tuum (*nk*) jagunud. III. Mikronukleuste vahetamisel *m* — isa-, *w* — ema-mikronukleus. IV. Makronukleus ehk suur tuum (*k*) lagunemisel, ületulnud (isa-) ja sama loomakese (ema-) mikronukleused kokku liitumas. V. Parem-poolses loomakeses mikronukleus jagumas. VI ja VII. Konjugatsioon lõppenud: loomakesed lahku läinud.

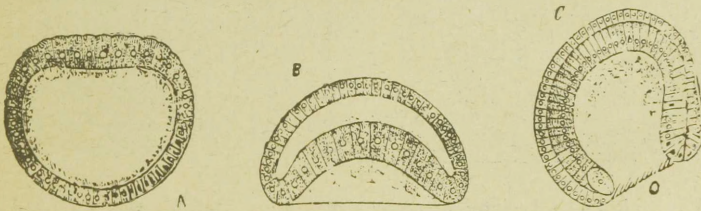
Gastrula väline rakkude kiht kannab ektodermi (välislehe), sisemine entodermi (siselehe) nime. 27 C joonisel on kujutatud gastrulast piki-läbilõik. Järgmisil jooniseil on kujutatud gastrulast risti-läbilõik, kus näha edaspidine arenemise käik (28. joon.). Kõige pealt hakkab muutama selgmise osa ektoderm. Ta vajub keskest madalamale ja külgedepoolt tekivad rakkude voldid, mis hakkavad keset selgmist osa seisvate ektodermi rakkude peale kasvama. Voldid kasvavad seni teine-

teisele vastu, kuni nad kokku puutuvad ja äärtega kokku kasvavad. Voltide ülekasvamise tagajärjel alla jäänud ektodermi rakkudest



26. joon. Süstikkala (*Amphioxus = Branchiostoma*) muna segmentatsioon. *a* — lõigustumatu muna, *b* — kahe-rakne staadium, *c–g* — edasised staadiumid, *h* ja *i* — blastula (*i* — piki-läbilõikes).

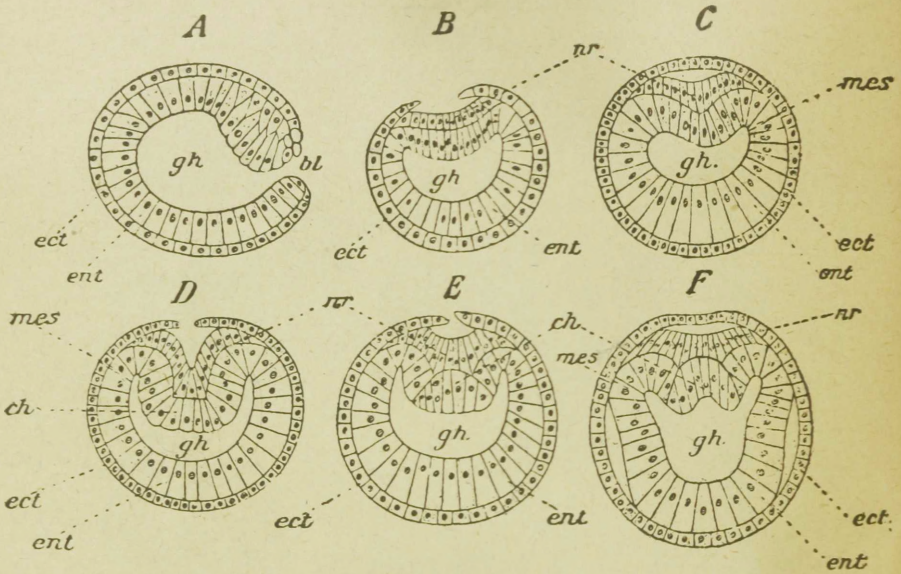
hakkab kujunema ergukava, kuna muu ektoderm moodustab hiljemini naha-epiteeli. Järgmiseks väga tähtsaks arenemise astmeks on



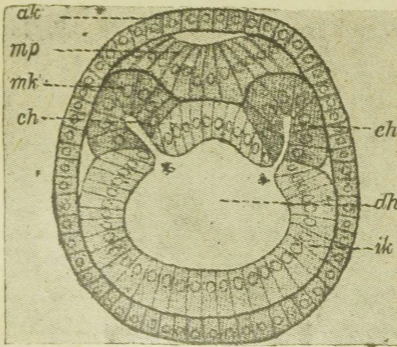
27. joon. Süstikkala gastrula tekkimine.

uue vahelise rakkudekihi tekkimine. Entodermi selgmise osa vajumise tagajärjel hakkavad tekkima seal küljepoolseis osis ülespoole ulatuvad rakkude voldid. Need voldid muutuvad suuremaks ja suuremaks ning

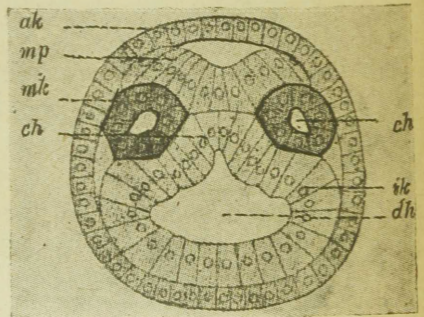
viimaks eralduvad nad entodermist täiesti (29. ja 30. joon.) ning moodustavad kaks ühekihilist rakkude toru (õõs!). Seda entodermist eral-



28. joon. A — piki-läbilõik gastrulast (süstikkala). B–F — risti-läbilõik gastrulast. ect — ektoderm, ent — entoderm, mes — mesodermi alge, ch — korda ehk seljakeelik, nr — ergukava alge, bl — algsuu, gh — algsool.



29. joon. Süstikkala loote risti-läbilõik. ak, ik, mk — ekto-, ento- ja mesoderm, mp — ergukava alge, ch — seljakeelik, dh — sooletoru, eh — kehaõõs.



30. joon. Sama, mis eelmisel joonisel, järgneval arenemisastmel.

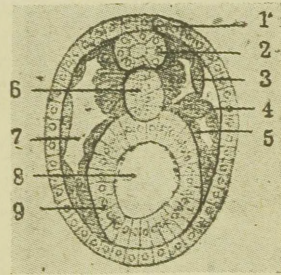
dunud vahelist rakkude kihti hüütakse mesodermiks (keskleheks). Ekto-, ento- ja mesodermi nimetatakse lootelehiks.

Eraldunud mesodermi rakud poolduvad jõudsasti ja hakkavad entodermi ning ektodermi vahele tungima (31. joon.). See jätkub seni, kuni mesodermi osad kõhtmisel poolel teineteisega kokku kasvavad. Mesodermis olev õõs suureneb ühes mesodermi kasvamisega ja ta eraldab mesodermi kahte ossa — sisemiseks ja välimiseks kihiks. Mainitud õõs kujuneb kehaõõneks (näit. inimesel soolte, kopsu ja kehaseina vaheruum).

¹ Mesodermi rakkudest kujunevad edasisel arenemisel peaaesjalikult lihaskud ja ka uurakud (luukerega loomil). Väliste mesodermkhihi rakud moodustavad luustikulihased, sisemise mesodermkhihi rakud soolte lihased. Soolte epiteel kujuneb aga entodermist. Peale lihaste ja luude tekivad mesodermist veel sidekude, samuti ka vere-ringvoolu kava (süda, sooned, veri, põrn, lümfinäärmed) ja neerud. Entodermist moodustuvad peale mao- ja soolte-epiteeli ka seedimisnäärmed (süljenäärmed, kõhunääre ja maks) ja kopsud. Ektodermist ehk välislehest tekivad, nagu juba osalt selgus, nahk (ka karvad, küüned, higinäärmed, naha rasvanäärmed), piimanääre ja ergukava (aju, seljaäri ja ergud). Üldiselt näeme, et seedimisorganid tekivad peaaesjalikult entodermist (mao-, soolte lihased mesodermist), keha kate (nahk) ja ergukava ektodermist. Mesodermist tekivad lihased, luud, sooned.

Alguses, kui veel rakkusid võrdlemisi vähe (blastula, gastrula), on kõik loote rakud ühesuguse kujuga. Nad on siis ümmargused või enam-vähem kandilised. Hilisemal arenemise astmel omandavad rakud juba väga mitmekesise kuju, nad differentseeruvad mitmes sihis oma ülesannete kohaselt. Nii siis alguses etendab arenemisel pea-osa lihtne rakkude pooldumine, hiljemini aga astub esiplaanile rakkude differentsiatsioon. Osa rakke muutub õieti vähe, nagu näiteks epiteelirakud. Mesodermirakud aga, millest arenevad lihaskud, hakkavad pikemaks kasvama ning neis tekivad kiukesed. Samuti muutuvad ektodermirakud, millest kasvavad ergurakud. Rakk muutub piklikumaks, tal tekivad harud, mis alaliselt pikemaks kasvavad. Ka kiud tekivad temas. Nii muutuvad, differentseeruvad vastavalt ka teised rakud, moodustades luu-, kõhre-, vere-, näärme- j. t. rakud. Rakkudest kujunevad organid ning organitekad (riistad).

Kokkuvõttes toimub arenemine järgmiselt: üksik sigitatud muna-rakk hakkab poolduma, mille tagajärjel tekib blastula; blastulast kujuneb kahest rakkude kihist koosnev gastrula; siis tekib mesodermi ning hiljemini hakkavad lootelehtede rakud differentseeruma. Rakkude pooldu-



31. joon. Süstikkala loote risti-läbilõik. 1 — ektodermi, 2 — ergutoru, 3–5 — mesodermi, 6 — seljakeelik, 7 — kehaõõs, 8 — sooleõõs, 9 — entodermi.

mise ja differentseerumise tagajärjena kujuneb aegamööda uus organism. See on üks imepärasemaist loodusenähtusist, — lihtsast ja väikesest munarakust areneb keeruline organism.

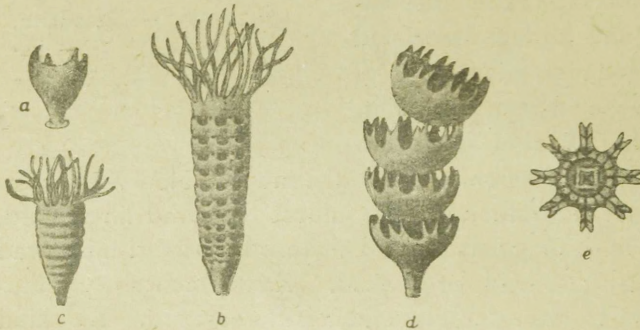
Sugupõlvede vaheldumine. Võrdlemisi rohkearvulised loomade ja taimede liigid võivad sugulisel ja sugutul viisil sigida, kusjuures mõlemad põlved järgnevad teineteisele kindla korrapärasusega. Neil juhtudel erinevad suguline ja sugutu põlv teineteisest juba kujult.

Taimil esineb sugupõlvede vaheldumine, eriti soonik-eostaimil (s. o. soonkimpudega e.-t.).

Sõnajalg sigib teatavasti eoste varal, mis tekivad ilma sugulise protsessita. Eosest areneb eelleht, millel asetsevad munapesad (arhegoonium, 22. joon.) ja seemnepesad (anteriidium, 32. joon.). Seemnepesas tekkinud liikuvad seemnerakud sigitavad munarakud, ning igast munarakust võib areneda uus sõnajalg (suguline sigimine). Seejärel sigib ehk paljuneb sõnajalg ise sugutul, eelleht aga sugulisel viisil. Samasugune põlvede vaheldumine, nagu sõnajalal, esineb ka osjel, karukollil ja samblail.

Nõgesmeduusi meriristi (*Aurelia*) munarakust areneb ripsmete abil

ujuv vastne, kes kinnitub kuhugi alusele ja muutub polüübiks (33. joon.). Selle pinnale tekivad risti soonduvused ja polüüp jagub reaks õhukesiks kettalaadseiks osiks (sugutu paljunemine!). Kettad vabanevad üksteise järel ja muutuvad nooriks meduuseks.



33. joon. Nõgesmeduus. a — tekkiv polüüp, b — jaguv polüüp, e — noor meduus.

Need moodustavad munarakke, mis jällegi polüübiks kujunevad (suguline paljunemine!). Nii siis sigib meduus sugulisel viisil (valmistades muna- ja seemnerakke), polüüp aga sugutul viisil (jagudes). Ning mõlemad põlved vahelduvad korrapäraselt. Sugupõlved vahelduvad ka



32. joon. Sõnajala anteriidium

mõnel paelussil. Satuvad paelussi ehhinokoki munad koera väljaheiteist inimese, lamba, veise või sea seedimiskanalisse, siis tungivad vastsed läbi mao ja kantakse verega maksa, kopsu või ajusse, kus nad kuni lapsepea suurused põied moodustavad. Põie sisepinnal asetseb hulk paelussi päid (sugutul viisil tekkinud!), kes igäüks võib areneda paelusiks, kui ta ühes lihaga koera seedimiskanalisse satub. Paeluss sigib jälle sugulisel viisil, muna ja seemnerakkude varal.

Partenogenees ehk neitsispaljune mine. Harilikult hakkab muna-rakk arenema alles pärast ühteliitumist seemnerakuga, ent neitsisigimisel algab arenemine ilma sigituse ta, s. o. ilma seemnerakuga ühteliitumiseta. Nii võivad areneda sigitamatuist munarakkudest lehetäid, vesikirbud, kerilised ehk ratasloomalised (rota-toorid), mõned kilgid ja mõned kiletiivalised. Mesilased arenevad osalt partenogeneetilisel. Ema muneb sigitatud või sigitamatud munad. Sigitatuist arenevad emaloomad — emad ja töölised, sigitamatuist aga isad ehk lesed. Partenogeneetiline arenemine on suguline arenemine, arenemine munarakust, kusjuures sugulise arenemise iseloomustavam toiming — sigitus — ära jääb. Sagedasti toimub enam-vähem korrapärane partenogeneetiliste ja suguliste põlvede vaheldumine. Nii sigivad lehetäid, vesikirbud jt. ajuti ka sigitatud munadest.

Sigituse olemus. Nagu nägime, võivad paljud organismid areneda sigitamatuist munarakkudest. Peale selle on leitud, et kõiksuguste loomade mune võib arenema sundida kunstlikul teel, ilma sigitamata. Osmootse rõhumise muutmine mitmesuguste soolade abil (KCl , KNO_3 , $MgCl_2$, $CaCl_2$ jt.), veele kloroformi, ksülooli, hapete, aluste jt. oluste juurdelisamine, lühiajane temperatuuri tõus, raadiumiga kiirgustamine, raputus ja munade harjaga käsitlemine kutsuvad esile munade arenemise, vaostumise. Harilikult annab küll tõuke arenemisele seemnerakk, ning ilma sigituse ta hukub muna-rakk. Ent arenemiseks tõuke andmises ei peitu sigituse kõige olulisem osa. Sugulise sigimise korral liituvad ühte kaks raku, millest üks pärit emaloomalt (munarakk), teine isaloomalt (seemnerakk). Kumbki rakk on oma teatavate iseärasustega ning need iseärasused mõjuvad arenevasse lootesse. Selle tagajärjel saab uus arenema hakkav organism osa tunnuseid isa-sugurakult, osa ema-sugurakult. See on sugulise sigimise oluline külg.

✦ Lahksugulisus ja liitsugulisus. Kõrgemal loomil tekivad munarakud emaloomas, seemnerakud isaloomas. Sääraseid loomi, kellel tekivad seemnerakud ja munarakud eriliselt indiviides, eriliselt sugupoolis, nimetatakse lahksugulisiks loomiks (selgoolised, putukad, ämblikud, vähid jne.). Ent suur hulk madalamaid loomi on liitsugulised ehk hermafrodiidid, s. o. neil kujunevad seemne- ja munarakud ühes ja samas indiviidis. Hermafrodiidid on näiteks paljud ainuõossed (õõsloomad), ussid (paeluss, kaan, liimukas jt.), limused (molluskid) ja isegi mõni kala. Liitsugulise enesesigitus on aga võrdlemisi haruldane nähtus. Harilikult sigitavad nemadki teineteist vastamisi.

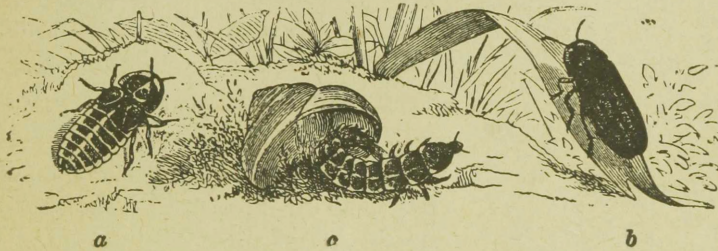
Taimed on suuremalt jaolt liitsugulised organismid. Neis tekivad munarakud ja seemnerakud ühel indiviidil (õies emakad ja tolmukad!). Ent on ka lahksugulisi (kahekojalisi) taimi, nagu näiteks kanep ja pajud.

Suguoasade differentseerumine ja sugupoolte spetsialisatsioon. Kõrgemal taimil on sugulise protsessi toimumiseks rida iseäralisi moodustisi. Õistaimede seas esineb küll ka enesesigitus, s. o. ühe teatava õie tolm satub sama õie suudmele (sirel, kortsleht ja paljud teised). Ent enesesigitus toimub harilikult alles siis, kui pole mingisugusel põhjusel juhtunud ristsugutus. Ning katsed on näidanud, et enesesugutuse tagajärjel saadud taimed on vähemad ja nõrgemad¹⁾. Isetolmumise ärahoidmiseks valmivad kas tolmukad või emakad varemini. Lillpajul puhkevad enne tolmukad ja alles pärast seda sirgub õiest emakakael välja (eel-isasus). Teelehel valmivad aga varemini emakad ja alles siis tulevad õiest nähtavale tolmukad (eel-emasus). Eel-isasus ja eel-emasus on väga sagedad õistaimede seas. Paljudel taimedel on tolmukad nii asetatud, et isetolmumine ei ole võimalik (nurmenukk). Paljudel taimedel asetsevad tolmukad ja emakad eriliselt, lahusolevais õites või taimindiividel. Putukate abil risttolmumise hõlbustamiseks on mitmesugused spetsialiseerunud moodustised. Nii edendavad heledavärvilised kroonlehed ja lõhn õite ülesleidmist. Putukate või koolibrite õiele meelitamiseks tekib õiepõhjas mesimahl ehk õiemesi. Mõned õied on niivõrt spetsialiseerunud, et neilt saavad õiemett ainult teatavad putukad. Näiteks suudavad emanõgese või ristikkeina õitest ainult kumalased õiemett ammutada. Üldse küünivad õitest, millel pikk õietoru, mesimahla ammutama ainult pikkade suosadega loomad (mesilased, kumalased, liblikad; koolibrid). Niiskuse õietolmumiseks on kroonlehed niiviisi asetatud ja kujundunud, et vihm ei pääse õie sisse (emanõges, liblikõislased jt.). Üldse toimub katteseemnelisel tolmumine enamasti putukate, paljasseemnelisel aga tuule abil. Okaspuul on seemned katteta, kaetud-seemnelisel aga arenevad seemned sigimikus, kusjuures neid katavad ühes seemnetega kasvavad sigimiku seinad (viljakate). Seemnete levitamiseks kujunevad sagedasti veel erilised arendid: tiivad ehk lennukad, karvakeste ehk udemete kimp, kisud ehk konksud, liim (salvei, harak-kuljus), lihav vili (marjad, kiviviljad: ploomid jt.), ohtjalaadsed moodustised seemnete laialipillamiseks (kurerehad). Nii näeme, et katteseemneliste sigimiseks on väga spetsialiseerunud organid, kuna nad madalamail taimil puuduvad. Madalamail taimil toimub sigimine üldse lihtsalt. Keerulisus ehk tüsilikkus kasvab madalamaist kõrgemaini järkjärgult.

Madalamail loomil puuduvad sugurakkude tekkimiseks iseäralised

1) Lähedalt sugulaste loomade ja inimese sugutamisel arenevad samuti harilikult nõrgemad järglased.

organid. Hüdral tekivad muna- ja seemnerakud lihtsalt ektodermi rakudest (4. joon.). Kõrgemal loomil on suguliseks sigimiseks spetsialiseerunud rida organeid, mis oma ehituselt ja vormilt väga mitmekesised. Sääraste organite hulka kuuluvad, peale munasarjade ja seemnerahude, munajuhid, seemnejuhid, näärmed, mis muna toidumaterjaliga varustavad ja munakoore moodustavad (roomajail, lindudel), sugutusorganid loomil, kellel toimub sigitus emaorganismi kehas jne. Toimub muna arenemine teatava astmeni emaorganismis (imetajad), siis on seal arenemiseks eriline organ — emakas. Emaorganismist toidu saamiseks kujuneb platsenta ehk emakook, mille suur ja tihe soontevõrk astub ollustevahetusse emaka soonte võrguga. Loote veri voolab platsentasse nabavarre kaudu, võtab sealt emaorganismi soontevõrgust läbi juussoonte



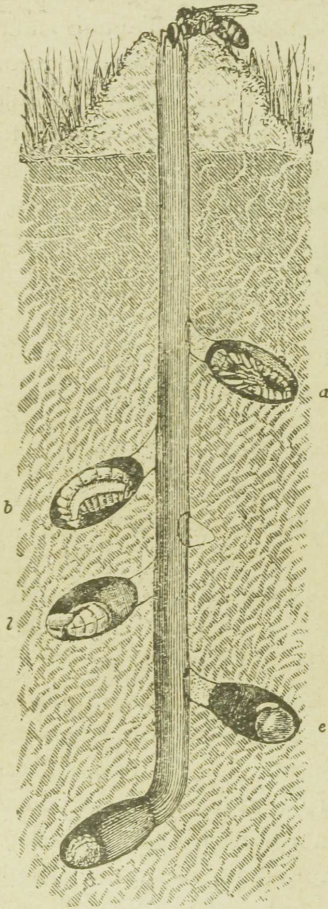
34. joon. Jaanimardikas. *a* — ema, *b* — isa, *c* — tõuk.

seinte toiteaineid ja eritab eneses sisalduvaid lõppsaadusi. Vastsündinute toitmiseks on imetajail piimanäärmed.

Suguline kahekujulisus (dimorfism) ja teised sugupoolte lahkuminekid. Sugulise kahekujulisuse korral erineb isaloom oma kujult emaloomast. Sugupoolte erinevus on nähtavasti kasulik sugupoolte äratundmisel ja ülesleidmisel. Hulga emaputukate kuju on lahkuminev isa kujust ja ehitusest (paljud liblikad, mardikad, sipelgad, mesilased, termiidid jne.). Jaanimardika isa on tiibadega, ema aga ilma (34. joon.). Sagedasti on isaputukail isesugune häälitsemisaparaat, mis emaseil puudub (ritsikad, kilgid, siristajad). Liblikate emal on mõnikord eriline hais, mis kauge maa tagant isaliblikad juurde meelitab (paabusilm). See on ööliblikail väga mõjusaks abinõuks sugupoolte leidmisel. Mõnede kalade ja triitonite isade ja emade kuju ja värv on erinev. Samuti on lindude ja imetajate isa ning ema väga sagedasti enam-vähem erikujulised ja erivärvilised (kana ja kukk, mõtus, vint, koolibri, paradiisilind; veis, põder, lõvi jt.). Isaloomad on sagedasti paremate kaitsevahenditega varustatud kui emaloomad

(kukel kannused, põdral sarved, metsseal kihvad). Hulgal isalindudel on häälitsemisvõime arenenud ilusasti laulmiseks.

Järglaste eest hoolitsemine. Kõrgemale astmele arenenud loomade seas etendab tähtsat osa hoolitsemine järglaste eest. Siin on putukad, linnud ja imetajad esimesel kohal. Putukad otsivad oma munadele kohaks säärase taime või looma, mis munadest arenevaile vastseile toiduks kõlbab. Väga sagedasti munevad putukad kuhugi varjulisse kohta, nagu mulla sisse, koore alla, pungade, lehtede ja puu sisse, kus vastsed ehk tõugud kaitsult võivad areneda. Raisamatjad kaevavad raibe, kuhu peale munetud, mulla sisse. Sitasitikad kannavad tõugele toiduks loomade väljaheidet mulla alla. Kaevurherilased valmistavad maa sisse augud, kuhu nad oma tõukude jaoks saaki kannavad (liblikate röövikuid, mardikate tõukusid). Ka üksikud mesilased valmistavad maaalused pesad tõukude jaoks (35. joon.).



35. joon. Üksikmesilase *Andraena* pesa. *a* — koopake nukuga, *e* — koopake õietolmu keraga, mille peale munetud, *f* — sama, ilma munata.

Sipelgad, mesilased, kumalased ja herilased kannavad oma tõukude eest palju hoolt. Järglaste eest hoolitsemine esineb teistegi lüljalgsete seas, ent vähemal määral. Paljud vähid kannavad oma mune kõhu alla kinnitatult enesega kaasas (36. joon.). Mõned ämblikud ehitavad oma noorte jaoks pesad (vesiämblik — 37. joon., voodrikämblik). Kallade seas piirdub järglaste eest hoolitsemine harilikult ainult teatava kudemiskoha ülesotsimisega. Ent on üksi-

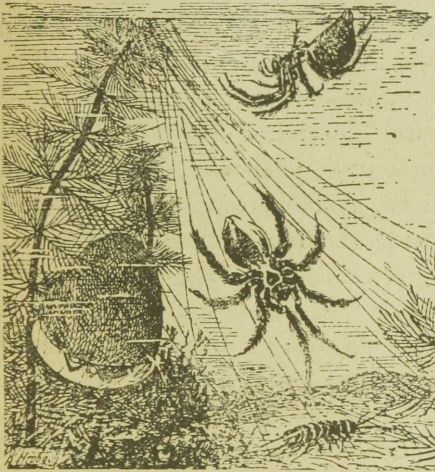


36. joon. Keldrikakand muna-koguga, alt.

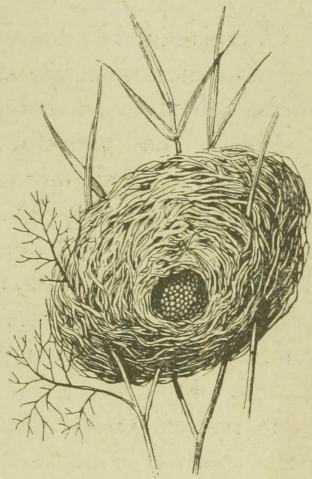
kuid kalu, kes munade jaoks pesa ehitavad (ogallased, 38. joon.) või mune kaasas kannavad (merenõellased, merehobu, mõned sägalased). Samuti

kannavad ka mõned kahepaiksed (konnad) enesega kudu kaasas. Linnude seas esineb järglaste eest hoolitsemine väga mitmekesiselt. Munadele ja poegadele ehitatakse pesad, mille jaoks valitakse sagedasti peidetud kohad (puu-õõnsused, koopakesed kaldais ja kaljudes, pöösad, mättad jne.).

Pesad ehitatakse väga mitmesugusest ainesest, nagu raagudest, samblast, rohust, karvadest, sulgedest, süljega segatud mullast (pääsuke) ja taimekiududest (rätseplind). Peale selle hauvad linnud oma mune, millega nad arenemist kiirustavad. Pesahoidjad linnud kannavad poe-



37. joon. Vesiämbliku pesa (pahe-
mal, all).



38. joon. Ogaliku (*Gasterosteus pungitus*) pesa mu-
nadega.

gadele toitu ja kaitsevad neid vaenlaste eest. Poegi õpetatakse toitu otsima (kana!), vaenlaste eest põgenema ja lendama või ujuma. Samuti mitmekesisel viisil hoolitsevad ka imetajad oma poegade eest. Paljud poegivad peidukohis (hunt, metskass, nahkhiir jt.), sagedasti maa-aluseis koopais (mutt, hiired, rebane, mägar). Mõned imetajad ehitavad poegimiseks pesad (orav, pisihiir). Imetajad kaitsevad, toidavad ja õpetavad oma poegi (kass!). — Kõrgemate ja madalamate loomade sigimises on suur lahkuminek (suguorganid, kahekujulisus, järglaste eest hoolitsemine). Ent lihtsamast kuni kõige keerulisemani leidub kõiksuguseid vahelmisi astmeid ehk ülemineku-astmeid.

Kasvamine, arenemine ja sigimine on üld-eluaaval-

du s, on omane igale elusolevusele. Hulkraksete kasvamine ja sigimine on ühenduses arenemisega — rakkude jagumisega ja nende differentseerumisega. Üldiseks juhiseks võib pidada, et kõrgemad hulkraksed kujunevad munarakust arenemise teel. Seepärast on olnud aastasadu maksvusel ütlus, et kõik elusad olevused on munast tekkinud (*omne vivum e ovo*). Madalamad loomad sigivad sagedasti sugutul viisil. Üldiselt pole teada teisi organismide tekkimisviise kui ainult sigimise (sugulise või sugutu) teel. Ning seejärel on õigustatud ütlus, et kõik elusad olevused tekivad elusaist olevusist (*omne vivum e vivo*).

3. Pärimus.

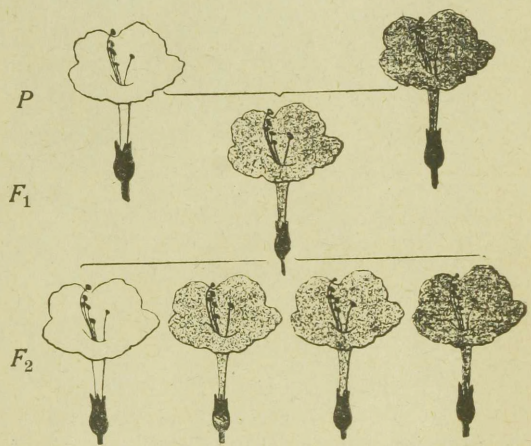
Organismid, kes tekivad pooldumise või arenemise teel, kujunevad üldiselt ikka oma vanemate sarnaseiks. Vanemate omadused ehk tunnused — vorm, kehaehitus, kehategevus, loomusund jne. — korduvad järeltulevais põlvnis, — nad päritakse. Sugutul sigimisviisil päritakse muutumatult ainult need tunnused, mis olid lähtevormil. Nii näiteks saadakse kartuleist, mida istutatakse, ikka alaliselt sama kartuli sort. Täiesti sama-sugune on lugu sugutul õunapuude ja rooside paljundamisel pookimise, silmitamise ja jätkamise teel. Sugulisel sigimisel aga liituvad ühte kaks sugurakku — seemnerakk ja munarakk. Seejärel võiks juba ette arvata, et kumbki sugurakk annab järglasele edasi oma teatavad tunnused ehk omadused. Muidugi, kui on isa- ja emataim või isa- ja emaloom oma tunnuste poolest täiesti ühesugused, siis peab arusaadavalt ootama, et järeltulev põlv ei erine vanemaist. Katsed on selle tõestanudki. Erineb aga isa teatavate tunnuste poolest emast, siis tuleb juba arvata, et järeltulev põlv kannab mõlemate sugupoolte tunnuseid. Katsed on sellegi tõestanud: tõepoolest anduvad paljud isa ja ema tunnused järeltulevale põlvele edasi.

Pärimusseaduste ülesleidjaks oli G. Mendel (1822—1884). Tema tööd ilmusid 1866 ja 1867, ent kuni XX sajangu alguseni ei leidnud nad tähelepanu. Esimese näitena vaatleme imelille, kes esineb valges ja punases teises (39. joon. P). Pannakse nüüd toime valge ja punase imelille ristsugutus, siis saadakse selle tagajärjel seemned, millest arenevad roosad imelilled (F_1). Sääraseid järglasi, kes sünnitatud pärivalt erinevate tunnustega vanemaist, nimetatakse üldiselt värdjaks ehk hübriidideks. Roosad imelille — esimese põlve värdja — seemneist (roosad omavahel sugutatud) arenevad teise põlve värdjad. Teises värdjate põlves tekivad taimed, kes üksteisest erinevad värvi suhtes. Kasvas seemneist teatav arv värdjaid, siis on $\frac{1}{4}$ sest arvust punased,

$\frac{1}{2}$ — roosad ja $\frac{1}{4}$ valged (F_2). Esimese põlve, roosade imelillede tunnused killustused teises põlves. Toimetatakse edaspidi ristsugutus järgmiselt: punased — punastega, roosad — roosadega ja valged — valgetega, siis avaldub, et punaste ja valgete järglased on kõik ühesugused (punased ja vastavalt valged), ent roosade järglaste seas jätkub tunnuste killustumine (tekib $\frac{1}{4}$ punaseid, $\frac{1}{2}$ roosaid, $\frac{1}{4}$ valgeid, s. o. proportsioonis 1:2:1). Antakse kõigile vördjaile ühesugused paljune-mise võimalused, siis avaldub, nagu eelnevast järgneb, et roosade arv jääb alaliselt vähemaks (ristsugutus ainult omalaadsetega). Antud juhul olid esimese põlve vördjad oma värvilt vanemate vahelmiseks vormiks. Samuti tekivad esimeses põlves vahelmised vormid pruuni ja valge veise (helepunane), punase ja kollakasvalge (vahase) lõvilõua ristamisel. Kõigest sellest järgneb, et igas esimese põlve vördjas peituvad mõle-mate vanemate tunnused.

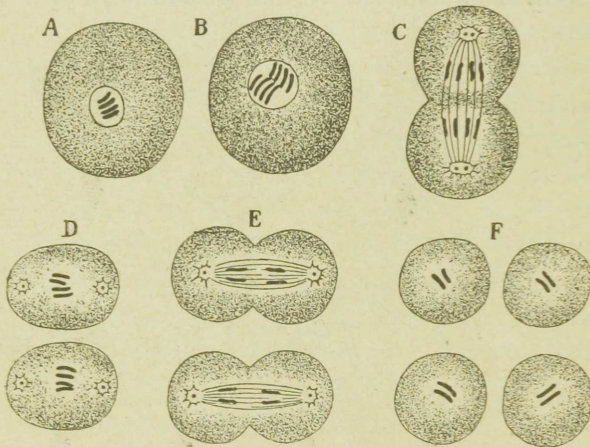
Väga sagedasti tulevad esimeses põlves teise sugu-poole omadused täiel mää-ral esile. Ristatakse valge ja punane hernes, siis teki-vad ainult punased esimese põlve vördjad. Tähendab, punane tunnus on valitsev ehk domineeriv. Vörd-jate omavahelise sugutuse järel arenevad teise põlve vördjad, kus juba avaldub tunnuste killustumine: punaseid tekib $\frac{3}{4}$, valgeid $\frac{1}{4}$ koguarvust, s. o. suhtes 3:1. Ent punased ei ole päri-muse suhtes mitte kõik üheväärilised. Sellest $\frac{3}{4}$ punaseist on puh-taid punaseid $\frac{1}{4}$ (s. o. kõik nende järglased on punased), $\frac{2}{4}$ on aga segandid (s. o. nende sigimisel tekivad punased ja valged suhtes 3:1). Tähendab, tegelikult tekib ka antud juhul $\frac{1}{4}$ puhtpunaseid, $\frac{2}{4}$ segan-deid ja $\frac{1}{4}$ puhtvalgeid. Teise tunnuse domineerimine esineb ka punase ja puhtvalge lõvilõua (domineerib punane tunnus), halli ja valge koduhiire (dom. hall värv), terve ja saagja leheäärega nõgese (dom. saagjas kuju) ristamisel.

Et nii siis niihästi isa kui ka ema tunnused anduvad sugurakkude



39. joon. Imelille (*Mirabilis*) vördjad. P — vanemad, valge ja punane, F_1 — esimese põlve vördjas (roosa), F_2 — teise põlve vördjad.

kaudu ühteviisi ehk võrdselt edasi järglasile, siis on selge, et sugurakes peavad peituma hiljemini avalduvad tunnused algeina ehk sugemeina. Munarakk on harilikult palju suurem kui seemnerakk. Et aga isa-suguraku kaudu anduvad isa tunnused sama hästi edasi kui munaraku kaudu ema tunnused, siis järjekult peab arvama, et isa-sugurakk sisaldab sama palju pärimus-ollust kui ema-sugurakk. Isa-sugurakk koosneb peaaesjalikult kromatiinist, protoplasmat sisaldab ta aga väga vähe. (Ta näib küll vähem kromatiini sisaldavat kui ema-sugurakk, ent tõeliselt on see kromatiin tihedam, veevaesem. Munaraku tungides immitseb seemneraku vett ja ta tuum paisub emaraku tuuma suuruseks, vta 19. joon.)



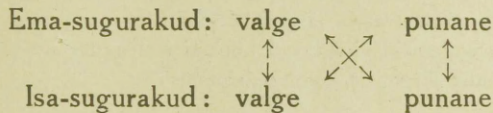
40. joon. Seemneraku valmimine. A—D — esimene valmimispöoldumine, E — teine pöoldumine, reduktsioonipöoldumine, F — seemnerakud.

Seepärast tuleb arvata, et tuumas peitub ollus (kromatiin), mis on päritavate tunnuste kandja. Tuumade võrdsus seletab mõlemate sugurakkude võrdsuse päivate tunnuste edasiandmisel.

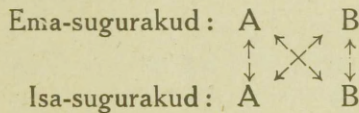
Tunnuste killustumine teises ja järgnevais põlvnis seletub kõige lihtsmini sugurakkude tekkimisloo varal. Seemnerakud näi-

teks hakkavad kujunema erilisist rakest, mille esimesel pöoldumisel jaguvad kromatiinniidid, nagu harilikult, pikuti pooleks (40. joon. A—D). Need kaks tekkinud rakku pöolduvad uuesti, ent sel korral ei toimu enam kromosoomide pikuti jagumist. Rakus leiduvad kromosoomid jaotatakse lihtsalt võrdselt pöoldumisel tekkivaisse rakesse (E), nii et lõpuks sisaldab iga rakk kaks korda vähem kromosoomi kui lähterakud ja kõik teised keharakud (soomarakud). Need rakud varustuvad loomil harilikult vibukaga, muutudes seemnerakeks. Munaraku tekkimine toimub üldiselt sama skeemi järele. Munarakkugi jääb viimaks kaks korda vähem kromosoomi, kui neid on harilikel keharakes. Seda pöoldumist, millel toimub kromosoomide arvu poole peale kahanemine, nimetatakse reduktsiooni- ehk kahandusjaotuseks. Et vördjas on kro-

mosoomid isa- ja ema-sugurakust, siis tekivad tema kromosoomide pooleni kahanemisel kahesugused sugurakud, teised isa ja teised ema tunnustega ning seejuures mõlemaid võrdselt. Nii siis, ristatakse punane imelill valgega, siis on sigitatud munarakus algena ehk sugemena peitumas niihästi valge kui ka punane omadus. Reduktsiooni jaotusel tekib aga võrdne arv punase ja valge tunnusega sugurakke. Tähendab, vördja isaorganismis tekib $\frac{1}{2}$ isa-sugurakkude üldarvust valge tunnuse sugemega, $\frac{1}{2}$ — punase tunnuse sugemega. Emaorganismis tekib erinevate tunnustega munarakke samuti võrdselt. Toimetatakse nüüd vördjate omavaheline ristsigitus, siis on erinevate sugurakkude ühtimiseks järgmised võimalused olemas:



Märgime valge tunnuse A-ga ja punase B-ga, siis võime sigitatud munaraku (I. põlv) tunnuseid AB-ga märkida (mispärast?). Ühtumisvõimalused võib siis järgmiselt kirjutada:



Nagu skeemist järgneb, võib valge sugemega isa-sugurakk sigitada valge või punase sugemega ema-suguraku. Punase sugemega seemnerakk võib sigitada valge või punase sugemega munaraku. Tagajärjena moodustuvad esimeses vördjate põlves sigitatud munarakud järgmiste tunnuste kombinatsiooniga: AA, AB, BA, BB. $AB = BA$. Neist sigitatud munarakkudest arenevad vastavate tunnustega teise põlve vördjad, kusjuures ainult valge tunnus (AA) esineb $\frac{1}{4}$ üldarvust, punane ja valge tunnus koos $\frac{1}{2}$ ja ainult punane tunnus (BB) $\frac{1}{4}$ üldarvust. Seejärele seletub erinevate tunnustega vördjate esinemine kindlas proportsioonis teisest põlvest peale oletuse varal, 1. et kromosoomid on pärimustunnuste kandjad ja 2. asjaolu varal, et sugurakkude tekkimisel toimub taandus- ehk kahandusjaotus.

Eespool kirjeldatud juhtudel erinesid vanemad ainult ühe tunnusepaari suhtes (valge-punane, hall-valge jne.). Märksa keerulisemaks kujuneb lugu, kui vanemad erinevad mitme tunnusepaari suhtes. On toime pandud herneste ristsugutus, millest teine oli kollaste ja siledade, teine roheliste ja kühmiliste seemnetega. Seega oli sel korral

kaks erilist tunnustepaari (kollane-roheline, sile-kühmiline). Nagu katse näitas, on domineeriv kollane värv ja sile kuju, kuna nende vastastannused on allajäävad, retsessiivsed.

Märgime domineerivad tunnused suurte, retsessiivsed — väikeste tähtedega järgmiselt:

Sile — A || Kühmiline — a
Kollane — B || Roheline — b

Sile-kollane hernes moodustab sugurakud tunnuste AB algeiga, kühmiline-roheline — ab algeiga. Toimub ristsugutus, siis ühtivad sugurakud AB ja ab ning neist sigitunud munarakkudest arenevad esimese põlve värdjad tunnustega Aa Bb. Et A (sile kuju) ja B (kollane värv) on domineerivad (a ja b üle), siis on kõik ristamise tagajärjel tekkinud seemned kollased ja siledad. Ent neist arenevad taimed moodustavad sugurakud, milliseis on tunnustepaarid killustatud. Rakkudest Aa Bb tunnustega tekivad reduktsiooni-jagumisel võrdsel arvul järgmiste tunnustega sugurakud: AB, Ab, aB, ab. Et sääraseid tunnuste sugemeid sisaldavad niihästi isa-sugurakud kui ka ema-sugurakud, siis on ühtimine võimalik järgmisis kombinatsioones:

Isa-sugurakk Ema-sugurakk	AB	Ab	aB	ab
AB	AA BB *	AA Bb	Aa BB	Aa Bb!
Ab	AA Bb	AA bb *	Aa Bb!	Aa bb
aB	Aa BB	Aa Bb!	aa BB *	aa Bb
ab	Aa Bb!	Aa bb	aa Bb	aa bb *

Arvesse võttes, et A ja B on domineerivad ehk valitsevad tunnused, selgub ligemal vaatlemisel, et 16 juhust on tekkinud hernerid järgmiste tunnustega:

- 9 korral sile ja kollane
- 3 „ sile ja roheline
- 3 „ kühmiline ja kollane
- 1 „ kühmiline ja roheline.

Nagu näeme, on teises värdjate põlves tekkinud uued vormid, milles tunnused teisiti kombineerunud kui lähtevormes. Uute vormidena esinevad antud juhul sileroheliste ja kühmiliskollaste seemnetega hernerid.

Erinevad vanemad kolmelt tunnusepaarilt, siis tekib uusi vorme (uute tunnuste kombinatsioonidega) veel enam.

Pärimuse teel säilib organismide kuju ehk vorm ja ehitus põlvest põlve ühesugune. Kui ristamisel sugenevadki uued vormid, siis ei ole

seal harilikult midagi oluliselt uut tekkinud, vaid juba olemasolevad tunnused on kombineerunud teisis vahekorris. Tunnused päritakse rist-sugutusegi korral suure korrapärasusega.

Pärimus on elusate olevuste üld-iseärasus, üldine eluavaldus.

4. Ärritatavus.

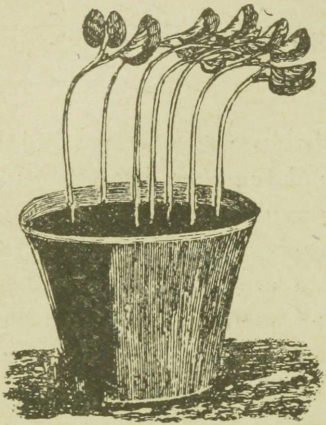
Ärritus on iga väline muutus, mis mõjub elusasse olevusse nõnda, et see reageerib ehk kostab muutusega enese elutegevuse käigus. Ärritatavus aga on elusate olevuste võime reageerida ehk kosta väliseile muutusile. Tabab lihast elektrivool, siis tõmbub ta kokku. Lihase reageerib välisele muutusele: ta on ärritatav, ta erutub. Elektrivool oli ärritus; lihase kokkutõmme oli reaktsioon ehk kostang. Tõmbub lihas kokku tahte mõjul, siis on ärrituseks lihasesse väljastpoolt, keskergu-kavast tulnud erutumus. Muutused välises ümbruses ehk keskkonnas võivad olla väga mitmesugused (valguse, soojuse, niiskuse, rõhumise, toidurohkuse jne. suhtes). Samuti on ka neile järgnevad organismide reaktsioonid kaunis mitmesugused. Ärritatavusel põhjeneb isegi hulk-raksete liikumisvõime, meelte- ja ajutegevus. Kõige lihtsamini avaldub ärritatavus taimis ja ainurakseis.

Taimede ärritatavus. Liikuvad ainuraksed taimed liginevad mitmesuguseile ärritusallikaile (valgusele, soojusele, keemilisele ollusile). On ärritus liialt suur või eluks ebasoodus, siis põgenevad nad harilikult ärritusallikalt. Neid erutumusavaldusi nimetatakse taksiseiks.

Juudihabeme tolmukniidi karvakeste rakkudes voolab protoplasma. Lastakse elektrivool läbi rakkude, siis tõmbub protoplasma kuulikesisse, s. o. ta erutub. Pööratakse noor kasvav taim külili või horisontaalselt, siis hakkab juure ots vertikaalselt allapoole, varre ots ülespoole kasvama (kasvusihhi muutus = tropism). Antud juhul on ärrituseks raskustung, ning kasvu suundumist raskustungi sihis nimetatakse geotropismiks. Pööratakse taim mitteharilikku seisundisse, siis langevad varres ja juures leiduvad tärgklisterad teisele, alumisele raku seinale. See ongi ärrituseks.

Langeb taimele valgus ühelt poolt, siis pöörduvad ta lehed valguse poole (41. joon., toataimed aknal!). Seda nähtust nimetatakse heliotropismiks. Päevaajal kogunevad klorofülliterad valguskiirile ristloodis seisvale raku seinale, et rohkem valgust kinni püüda. Öösi tungivad nad raku ristseinale, eemale pinnalt, kus nad enam kaitstud külma eest. Kui aga valgus on liig suur, tungivad klorofülliterad ka siis ristseintele, sügavamale lehe sisse (protoplasma erutub). Soendatakse idanenud taimiga anumate ühest otsast ja jahutatakse teisest, siis

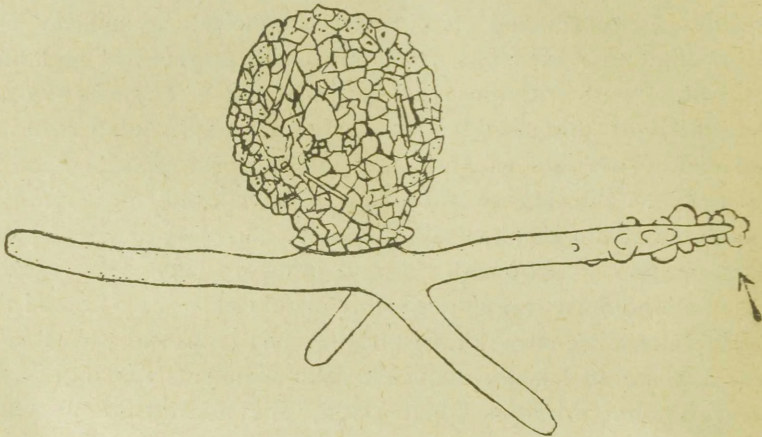
pöörduvad juured jahedast sooja poole, liiga soojast jahedamasse kohta (termotropism). Voolavas vees suundub idaneva taime juure kasvamine vastu voolust (reotropism).



41. joon. Heliotropism.

Humalate, seatappude ja teiste väändaimede varred hakkavad teiba või tüve ümber kasvama, niipea kui nad viimastega kokku puutuvad (haptotropism): kasvavad varred on ärritavad kokkupuutumise ja raskustungi mõjul. Taimede protoplasma liikumine, lehtede liigutused külgepuutumise tagajärjel (mimoos, huulhein, kärbspüünis, jänese-kapsas), kasvamise olenemine väliseist mõjundeist — kõik need nähtused on tingitud ärritavusest.

Ainuraksed. Kui põrutada lauda, kus amöüb mikroskoobi all, siis tõmbab amöüb võltsjalakesed sisse ja muutub ümmarguseks. Mõned teisedki ainuraksed reageerivad põrutusärritusele kokkutõmbumisega

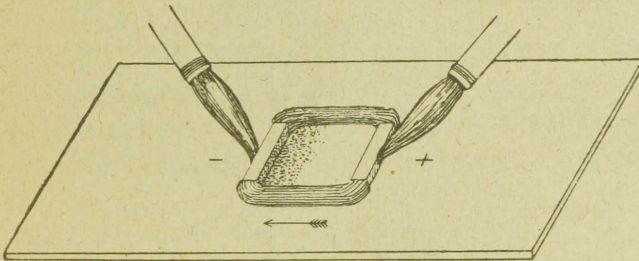


42. joon. Sõmerlane (*Diffugia urceolata*). Võltsjalake ärrituskohal (nool!) teraliseks muutumas.

(1. joon.). Tähelepanu teenib katse, mis tõestab, et ainurakseski levib ärrituse toime ehk erutumus. Puudutatakse sõmerlase (*Diffugia*) võltsjalakest terava nõelaga, siis hakkavad puutumiskohal tekkima protoplasmalised konarused, mis järkjärgult kaugemal ilmsile tulevad (42. joon.).

Oli ärritus küllalt tugev, siis muutuvad ka teised võltsjalakesed konarlikeks ja tõmbuvad sissepoole. Kõige suurem konarlisus tekib aga puutumiskoha ümber. Protoplasma erutub ärrituse mõjul ja erutumus levib, kusjuures ta avaldub ärrituskohast eemalseisvais kohis järk-järgult nõrgemini. Ergukiud juhivad aga erutumust ilma kahanduseta.

Ujub kingloom kiiresti ja põrkab mõne ettejuhtuva asja vastu, siis muudab ta otsekohe oma liikumise sihi ja ujub eemale. Liigub ta aga aeglaselt, siis jääb ta harilikult ettejuhtuva asja külge peatuma. See toiming on kinglooma eluks väga kohane: ta leiab roiskuvate taimede peal enesele kõige kergemini küllaldasel määral baktereid. Ent sama hästi, nagu taimile, jääb kingloom peatuma ka kuivatuspaberi tükikesile, mis kuidagi viisi kasulik pole. Satub külgharjaslane (*Oxytricha*, ripsmeline ainurakne), kes alaliselt aluspinnaga püüab kokku puutuda,



43. joon. Galvanotaksis. Kingloomad ujuvad negatiivsele poolusele (pintlikest elektrod), noole sihis.

alusklaasil oleva limuse muna peale, siis rändab ta seal tundide viisi nõiaringis, ilma sund-asukohast ära pääsmata. Ainult teise aluspinnaga kokkupuutumine võimaldab munalt lahkumise. Põgenemist kindlaist kehadest eemale või püüdmist nendega kokkupuutumisse jääda nimetatakse *termotaksiseks*.

On pool anumat, kus kingloomad või teised ainuraksed ujuvad, jahedam ja teine pool soem, siis korjuvad nad soemasse kohta. Tõuseb aga soema poole temperatuur üle 24 kuni 28° C, siis hakkavad ripsloomad sealt põgenema (*termotaksis*).

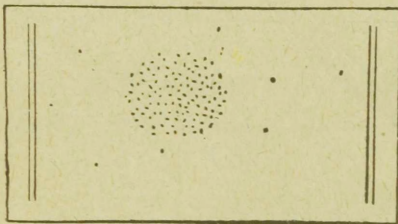
Kui veest, kus infusoorid (näiteks kingloomad) ujuvad, elektrivool läbi lasta, siis kogunevad nad negatiivsele poolusele (43. joon.). Niipea kui vooluse siht muutub, ujuvad nad sealt viibimata jälle negatiivse elektroodi poole (*galvanotaksis*).

Lastakse kingloomade või teiste infusooride sekka tilk nõrka (0,001%) väävelhapet, siis on varssi pea kõik kingloomad väävelhappe

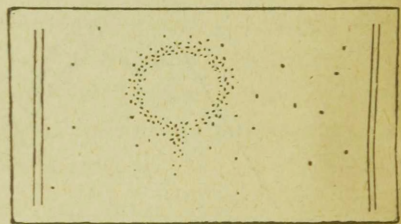
tilga kohale kogunenud (kemotaksis, 44. joon.). Võetakse aga 10 korda kangem väävelhape, siis põgenevad sealt kõik ripsloomad ja kogunevad tilga ümber ringina sinna, kus on nõrk hape. Mõned bakterid ujuvad sinna, kus on enam hapnikku, nimelt õhumullide ehk vetikate juurde. Valged verelibled tungivad bakterite ja nende eritusproduktide juurde. Ka need on kemotaktilised nähtused.

Paljud vetikad liiguvad suurema valguse poole (positiivne fototaksis), kui anum ühtlaselt ei ole valgustatud. Sinised tõrilased (ripsloom) aga korjuvad valgustatud kohast varjulisse. Tõrilane, kes ujub valgustatud anuma osast pimedusse, ei osuta mingisugust muutust oma liikumises. Ent niipea kui mõni neist ujub varjatud kohast valgustuse piirile, siis pöördub ta kohe ümber ja ujub tagasi varjulisse kohta. Nad põgenevad valguse eest.

Ripsloomad sünnitavad veevooluse ja võtavad keerisest vastu



B



C

44. joon. Kemotaksis. B — kingloomade kuhjumine nõrga happe tilgasse, C — ring ümber kangema happe tilga.

toidutükikesi (baktereid), ent ka väga laius piires, ilma valikuta, toiduks kõlbmatuid aineid, nagu nõe-, tuši-, karmiini- ja lubjakübemekesi. Satub aga kinglooma veekeerisesse liialt suur tükike või väga palju väikesi kübemekesi, siis põgeneb ta antud kohast eemale. Ainult sel viisil toimub toidu valik.

Ainuraksed ärrituvad väliste tingimuste muutusel: nad tõmbuvad kokku, nad tungivad teatava ärrituse (keemilise olluse, soojuse, valguse, elektri) poole või põgenevad sealt eemale. Eriti tähtsat osa nende elus etendab pagemisreaktsioon (põgenemine). Üldiselt on algloomade reaktsioonid ja elutegevus lihtsad.

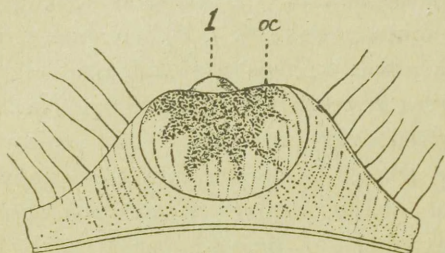
Hulkraksed loomad. Hulkrakseil organismel on ärrituste vastu võtmiseks ja erutumuse juhtimiseks ergurakud. Ergurakkude abil tunneb hulkrakne ärritust, mis üht tema kehaosa tabas. Erutumus levib kiiresti ergurakkude harusid mööda ja organism muudab oma tegevuse,

ülalpidamise (refleks). Ärritatakse hüdrat (vesipolüüpi) nõelaga puudutades, siis tõmbub ta keha kokku. Vabastatakse hüdra aluspinnalt ja pööratakse suupoolega aluse poole, siis pöördub ta ümber, suupoolega eemale aluspinnalt. Asetseb hüdra kohal, kus puudub toit, siis muudab ta oma seisukohta ja asukohta sagedasti. Mehaaniline ärritus, kohalik ärritus soojusega ja keemiliste ollustega kutsuvad esile pöördumised ja kokkutõmbed. Hüdra reageerib ka valgusele. Karikloomade ehk nõgesmeduuside reaktsioonid on juba vähe mitmekesisemad kui hüdral. Meduusid on alalises liikumises, kusjuures nende kuppel rütmiliselt rõngaslihaste varal kokku tõmbub (automaatne tegevus). Ühtlaseks kupli kokkutõmbeks peavad lihasrakud ühe korraga kokku tõmbuma, s. o. nende tegevus on juba hästi koordineeritud. Säärane koordineeritud liikumine on tingitud ergurõngast, mis peitub kupli servas. Üldiselt reageerib meduus samule ärritusile, nagu ainuraksed ja teisedki organismid (pigistus, tõuge, veeloksutus, keemilised ollused, valgus, soojus, külm, elektrivoolus jne.).

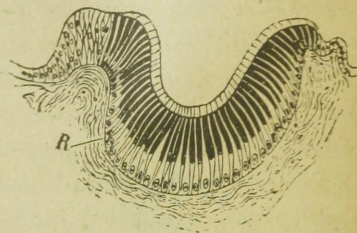
Teistegi silmita selgrooliste toimetused ja ärritavus ei erine märgatavalt meduuside omist. Liimukas näiteks ärritub keemiliste olluste mõjul. Temperatuuri muutusile, iseäranis t^0 tõusule, reageerib liimukas kaunis elavalt. Ta põgeneb päeva- või lambivalguse eest, ent liigub õige nõrga valguse poole. Valgusärrituste vastuvõtjaiks on iseäralised naharakud, mis seisavad ühenduses ergukiuga. Ta omab ka kompimisvõimet. Liikumine on tal juba enam koordineeritud. Ülalpool liimuka neelu asetseb võrdlemisi suur ergutänk, mis seisab ühenduses lülide ehk rõngaste ergutänkudega. See ergutänk on kogu keha liigutuste juhtijaks. Lõigatakse liimuka peapool ära, siis võivad ka tagumised lülid iseseisvalt liikuda, oma ergutänkude mõjul. Ent siiski erineb peapoole ülalpidamine sabapoole omast. Peapool liigub spontaanselt, vabatahtlikult nagu loomulikult liimukas. Ta tungib ka mulla sisse. Sabapoole spontaanne liikuvus on vähenenud ja ta ei tungi mullasse. Tähendab, neelu ümber asetsevaist ergutängest oleneb korrapärane liikuvus ja ka toidu vastuvõtte võime. Ses mõttes täidavad liimuka neeluümbriised ergutängud teataval määral sama ülesannet, mis selgroolisil suur-aju.

Refleksid etendavad liimukagi elus väga tähtsat osa. Üldiselt on temagi elutegevus võrdlemisi lihtne. Siiski ühenduses sigimisega tulevad ilmsile iseäralised toimetused, mis suhtes on ta tegevus juba mitmekesistatud. Kevadel heidavad liimukad ühte ja sugutavad teineteist vastamisi (hermafrodiidid). Pärast seda munevad nad limast tekkinud kapslisse.

Kõrgemal selgrootul ja ka selgrootisil on ärrituste vastuvõtteks tekkinud hästi arenenud erilised meeleorganid. Üldse on nende ärritavusvõime tublisti kasvanud, eriti nägemismeele tekkimisega.

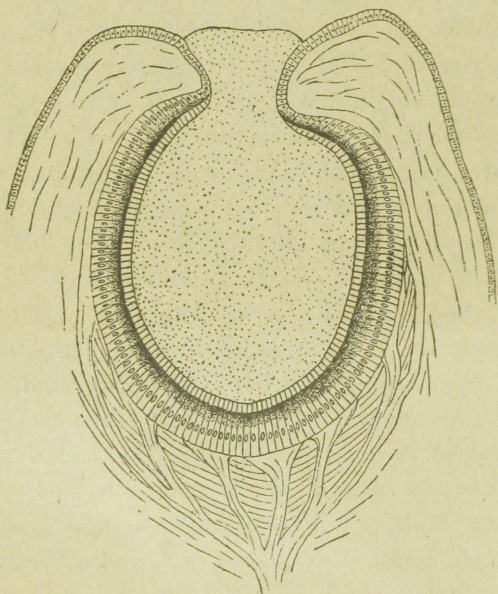


45. joon. Meduusi (*Lizzia*) silm. 1 — lääts, oc — silmakeha.



46. joon. Limuse (*Patella*) lohksilm, R — võrkile.

Valgusaisting ja nägemismeel. Meduusel, liimukail (ussel) ja okasnahkseil on erilised moodustised valgusärrituste vastuvõtteks.



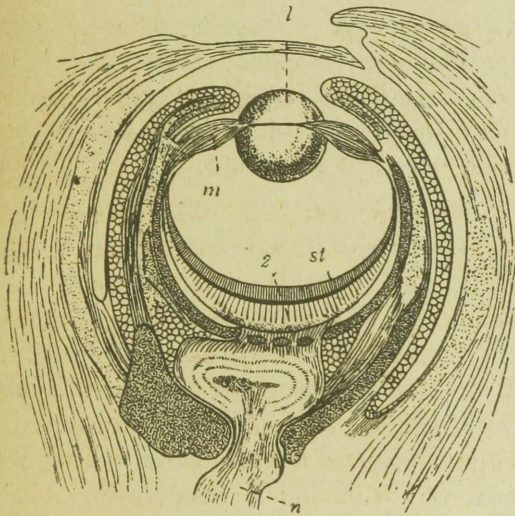
47. joon. Limuse (*Haliotis*) silm-pimekamber. Punktiline osa — klaaskeha, rakkude kiht — võrkile, all — erk.

Lihtne valgusärrituste vastuvõtte organ on pigmendirikaste rakkude grupp, mis seisab ühenduses ergurakkudega (45. joon.). Pigment edendab valguse neeldumist. Limused omavad valgusärrituste vastuvõtteks organid, milliseid võib asetada lihtsast keeruliseni pidevasse ritta. Kõige lihtsamal kujul esineb limuse silm lohukesena, mis koosneb pigmentiga vooderdatud epiteelirakkudest (46. joon.), kust lähevad erguharud keskergukavasse. Järgmisel astmel on silm palju suurema „lohuga“, õigemini koopa (pimekamber), mida täidab klaaskeha. Ühel limusel

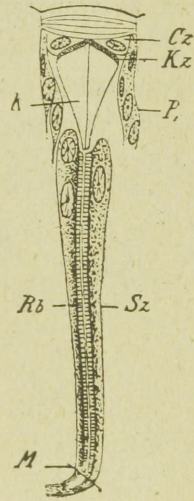
(*Haliotis*) on säärane silm. Tema klaaskeha ei ole eest millegagi kaetud (47. joon.). Kaunis täielik silm esineb juba peajalgseil limuseil (48. joon.).

Seepia silmas on peale klaaskeha olemas ka juba lääts, mis on eest kaetud epiteeliga (sarvkile). Ka värvkile on seepia silmal olemas. Võrkkile on tal hästi arenenud. Säärane silm on pimekamber, mille põhjas tekib silma ees leiduvaist asjust kujundeid. Hästi on arenenud ka putukate (49. joon.) ja vähkide silmad.

Kõige lihtsamad „silmad“ on ainult valguse ja pimeduse eraldamiseks. Alles hästi spetsialiseerunud silm (pimekambri alusel) võib asjade kuju märgata. Säärase silma abil näeb organism, mis ta lähemas ümbruses toimub (uus võjme). Seepärast võib ta enesele palju kergemini saaki leida ja vaenlaste eest põgeneda. Iseäranis tähtis on nägemine kiiresti liikuvail loomil (kiirel liikumisel vastu



48. joon. Seepia silm, *l* — lääts, *m* — lihas, *z* ja *st* — võrkkile rakkude (*z*) ja pulgakeste (*st*) kiht.



49. joon. Üksik silmake putuka fassettsilmast. *Cz* — lääts moodustavad rakud, *K* — kristallkuhik tuumadega (*Kz*), *P* — pigmendirakud, *Sz* — nägemisrakud, *Rb* — rakkude osad, mis vastavad selgrooliste võrkkile pulgakestele ja nuiakestele.

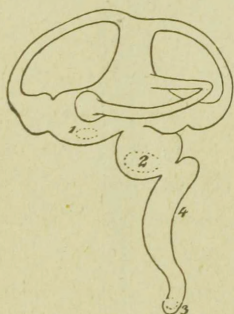
kindelkeha pörkamine!). Ning tõepoolest on neil silmad hästi arenenud.

Kaunis hea on putukate nägemisvõime. Uuemate uurimuste põhjal võib vaevalt kahelda, et putukad ka värvisid eraldavad. Nii näiteks harjuvad mesilased saagil käima sinise esisega kastikesse, mille kõrval tühjad kollase esisega kastid. Vahetatakse kastide koht, asetatakse sinise esisega kastist mesi kollase esisega kasti, ent ikka lendavad mesilased juba tüki maa tagant otsesihis sinise kasti poole. Siiski ei suuda mesilased eraldada kõiki värve üksteisest: nad ei õpi eraldama oranži ja

rohelist kollasest, purpurpunast ja violetti sinisest. Seega ei ole nende värvieraldamise võime kaugeltki nii hästi arenenud kui inimesel. Putukate nägemisvõime võimaldab neile eduka õitelt mee otsimise.

Selgrootisil on üldiselt hea, sagedasti isegi väga terav nägemine. Neil on silmad anatoomiliseltki hästi arenenud. Nähtavasti suudavad juba madalamadki selgrootised värvisid eraldada. Kõige kõrgemale astmele on üldse jõudnud kõrgemate selgrootiste silmade arenemine. Nii näiteks võib inimene kaugeid ja lähedasi asju ühte viisi selgesti näha. Ta suudab tuhandeid värvide varjundeid eraldada.

Nagu näeme, omavad kõige madalamad organismid lihtsalt võime reageerida valgusele, ent nad on „pimedad“: nad ei näe eemalseisvaid asju. Mida enam spetsialiseerunud organism, seda enam arenenud on tal harilikult ka nägemismeel. — Nägemisriistas on ärritavus ülipeenelt arenenud. Mitte üksnes valgust ja pimedust ei aisti ta, vaid ergukavas moodustuvad kujutelmad asjade vormist, suuruselt, värvist ja kaugusest.



50. joon. Krokodilli labürint ehk keerustik. 1, 2, 3 — meeleepiteeli-rakkude alad, 4 — imetajate teole vastav arend.

Kuulmismeel. Kuulmismeel esineb ainult kõrgesti arenenud loomil. Praegu on isegi putukate kuulmisküsimus veel vaidluse all. On siiski tõenäone, et putukad, kes ise häälitsevad (ritsikalsed, tirtslased jt.), ka seda häälitsemist kuulevad. Tähelepanu väärib, et mainitud sihktiivalised ei reageeri tugevale häälele, kuna nad liigutusi

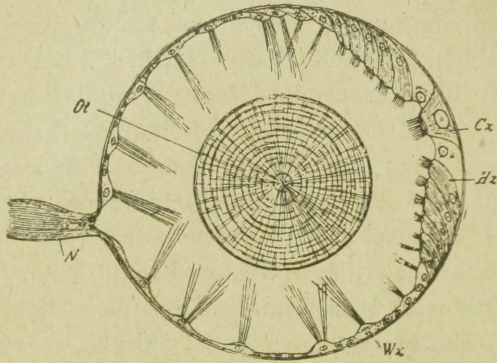
kohe märkavad (viibutada siristava rohuritsika ligi!). Seepärast pole kahtlust, et nende kuulmisvõime võiks olla ainult hoopis omapärane. Kaladel näib kuulmisvõime puuduvat. Kahepaiksed (konnad) kuulevad kindlasti, ent nende kuulmisvõime ei ole kuigi terav. Roomajaist kuulevad hästi krokodillid ja alligaatorid. Lindudel ja imetajail on kuulmisvõime juba õige hea, iseäranis mõningail esindajail (hobune jt.). Imetajad märkavad, kust tuleb heli või koha, nad eraldavad ka heli kõrgust ja tugevust. Koerad ja kassid eraldavad väga hästi helisid üksteisest: vastava harjutuse järele tekib tingitud refleks (söömatulek, suljevool jne.) teatava heli mõjul. — Krokodillel (50. joon.), lindudel ja imetajail on pealpoolring-kanalite ja kuulmepõite veel enam-vähem pikk tigu. Imetajail on tigu keerus, pikk ja üldse histoloogiliselt enam differentseerunud.

Imetajad omavad peale selle kõrvalehe, mis harilikult võib pöörduda heli või koha sihis.

Kompimismeel. Kompimismeel on olemas juba õõsloomil ja esineb kõigil neist kõrgemal loomil. Üldiselt on kompimismeel kõrgemalgi organismel vähe spetsiatiseerunud, hoopis teisiti kui valgusärrituste vastuvõtte-võime. Harilikult asetseb loomil kompimismeel kogu keha pinnal, kusjuures teravamad või peenemad kehaosad (katsesarved, sõrmed, keel) aistivad puutumist peenemini. Imetajail suurendavad kompimisaistinguid kehapiinl asetsevad karvad, mis kangi viisil väikest rõhumist suurendavad. — Tõstmisel aistib inimene asja raskust. Nahas peituvad ergud on sooja ja külma ärrituste vastuvõtteks. Inimene tunneb ka valu. Kuidas loomad praegu käsitledavaid ärritusi aistivad, seda on võimatu teada. Nende ülalpidamine sunnib arvamisele, et loomadki aistivad valu, külma, sooja ja raskust. Arvatavasti on need aistingud kõrgemal loomil ja inimesel teravamad kui madalamal.

Keemilised meeled võtavad vastu ärritusi, mis tingitud teavaist välises keskkonnas leiduvaist keemilisist olluseist. Organismid, kellel keemilised meeled paremini arenenud, on selleks varustatud eriliste ergurakkudega. Keemilised meeled on haistmismeel ja maitsemeel. Maitsemeele abil tunneb loom toidu jt. olluste maitset. Haistmismeel on aga kaugusmeel, s. o. selle abil aistib organism eemal asetsevast kehast tulevaid keemilisi olluseid. Haistmismeel on ka veorganismel. Õõsloomad ei aisti lihatükist lahustuvaid keemilisi olluseid. Ripsussid aga aistivad juba eemalt liha ja kogunevad varssi suurel hulgal surnud looma juurde. Samuti on lugu rõng-ussidega. Liimukas reageerib niihästi vees lahustunud kui ka õhus leiduvaile keemilisile olluseile. Ka okasnahksed, limused ja vähid aistivad keemilisi olluseid, eriti liha. Putukail ja kõrgemal vähkil on haistmismeel peaasjalikult katsesarvil. Viimaste äralõikamise järel on haistmisvõime kadunud või vähemalt väga kangesti kahanenud. Paljudel putukatel on väga hea haistmismeel. Nii tunnevad mõned liblikad kauge maa tagant emaliblika haisu, raisamardikad — raisa haisu. Mesilased aistivad õite lõhna ainult võrdlemisi lähedalt. Sipelgad eraldavad haistmisega teise pesakonna liikmeid. — Lisatakse mürke (morfiumi, strühniini) meele juurde, siis hakkavad sipelgad mett küll sööma, ent loobuvad sellest õige pea. Samuti keelduvad mitmesugused kiletiiivalised toidu söömisest, millele mõrudat ollust (kiniini) juurde lisatud. Seejärel võib otsustada, et putkad aistivad ka maitset. — Kaladel on peen haistmismeel. Kahepaiksete, roomajate ja isegi lindude haistmine ei ole kuigi hea. Inimese ja ahvide haistmis-

meel ei ole iseäranis terav, ehk küll nad mitmekesiseid haise aistivad. Kabjalised märkavad haistmismeele varal kiskjate lähenemist juba kaugelt (nuhivad). Kiskja aistib saagi lõhna. Imestamisväärt terav on haistmisvõime koeral ja rebasel (jälgede hais!).



51. joon. Limuse statotsüst. *N* — tasakaalu-erk; *Ot* — statoliit, vedelikuga täidetud statotsüstis; *Wz* — ripsmelised rakud; *Hz* ja *Cz* — meelerakud.

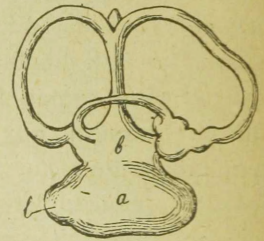
tungib statoliidi asukoha muutuse tagajärjel erutumus ergukavasse ja loom püüab oma seisangut vastavalt muuta. Säärased „kuulmepöiekesed“ on õösloomil, meripuralisil, rõngussel, vähkidel ja limuseil. Kaladel on tasakaalu-organ juba samasuguse ehitusega nagu inimeselgi: kolm üksteisele perpendikulaarset poolringkanalit ja kuulmepöied, kus sees endolümf ning süsihapust lubjast statoliidid (52. joon.). Poolringkanali abil aistitakse liikumise (eriti pea pöörleva liikumise) kiirendust. Kuulmepöite abil aistitakse keha seisangut.

Iseäralised meeled. Kaladel asetseb külgedel n. n. küljejoon, mille kanalis hargnevad erguotsad. Küljeorgani varal aistivad kalad vee liikumist ja korraldavad seejärel oma liikumise. — Mõned loomad aistivad õhurõhumise langemist ja reageerivad sellele (männi võrgu kuduja).

Kõrgemad ärritatavuse avaldused. Välised ärritused mõjuvad ergukavasse, temas tekivad erutumused, mille põhjal kujunevad muljed väliseist asjust ja toimingust. Väliste ärrituste mõjul toimuvad ergukavas teatavad muutused, neist jäävad ergukavasse nii ütelda

Selgroolisil asetsevad haistmisergud ninakoopas, maitseergud suus, eriti keelel.

Tasakaalu- ja keha seisangu-meel esineb harilikult väikese põiekesena (statotsüst, 51. joon.), milles peitub kindel kehake (statoliit). Pöiekesese seintes hargnevad erguharud, mille varal aistib loom keha seisangut. Satub loomake ebaharilikku seisangusse, siis

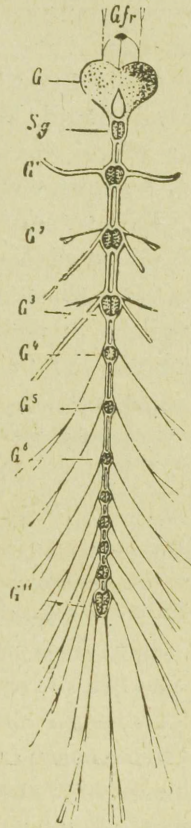


52. joon. Ahvena sisemine kõrv. *a* — kuulmepöies väikese lisandiga (*l*), *b* — kuulmepöie ülemine osa.

jäljed järele. Harilikult mäletab arenenud organism, vähemalt teatava aja kestusel, varemaid ärritusi ehk enne olnud muljeid. Mälu kaudu pääsevad mõjule ka need ärritused, mis on varemini toimunud, ning nemadki muudavad organismi ülalpidamist, tegevust. Seepärast on organismel, kel on hästi differentseerunud ergukava ja meeleanalüüsiorganid, ärritatavuse avaldused väga mitmekesised, tüslikud. Nende tegevus ja toimetused on juba nii mitmekesised, nad omavad säärased võimed, mille põhjal peame otsustama, et neil on juba teatava määraneni vaimlised võimed olemas.

Taksised, tropismid, refleksid ja auto- maatsed liigutused esinevad kõige madalamate loomade tegevusel. Ergukava puudub neil kas üldse (ainurakseil) või on veel väga vähe differentseerunud, sagedasti diffuusne ehk pillatud (õõsloomil). Liimukal näiteks erinevad peaosas asetsevad ergutängud väga vähe teisist ergutängest.

Putukail on pea ergutängud juba märksa suuremad (53. joon.). Nad ei ole enam üksi lihtsa liikumise korraldajaks, nagu liimukal, vaid kogu tegevus oleneb pea ergutängest. Pea ergutängesse jooksevad kokku kõiksugused erutumused, mis tekkinud väliste ärrituste mõjul (nägemis-, kompimis-, haistmis-, maitseärritused). Pea on toimetuste juhtijaks ja algatajaks. Ühes enam spetsialiseerunud ergukavaga on putukail ka toimingud juba märksa keerulisemad. Mesilane, näiteks, käib õitel mesimahla otsimas. Kohale, kust ta meerikkaid õisi leidis, lendab ta jälle tagasi, igakord meekandamit „koju“ tuues. Tähendab, mesilane „mäletab“ kodu ja „mäletab“ meerikaste õite leiukohta. Kahtlemata lihtne ei ole ka sääraste matemaatiliselt korrapäraste kärgede ehitamine, millised leiduvad tarudes. Nagu eespool juba kirjeldatud, hakkavad mesilased käima sinisevärvilises kastikeses, kuhu neile mesi või suhkruvesi toiduks seatud, ning õpivad seejuures eraldama sinisevärvilisi kaste kollasevärvilisist (või ka vastu-



53. joon. Mardika (lepa-triinu, *Coccinella*) vastse ergukava. *Gfr* — otsaesise tänk, *G* — aju ehk neelupealne tänk, *Sg* — neelualune tänk, *G'* — *G''* — kõhupoolne ergusõlmestik.

pidi). Tuletame veel meelde mesilaste perehitemist, tõukude toitmist, kaitsmist, pragude sulgemist, siis veendume, et mesilase eluviis, toimetused ja võimed on palju tüsilikumad kui liimukal või üldse mitte-närijail loomil. Siiski erineb mesilaste ülalpidamine õige tublisti kõrgemate selgrooliste ülalpidamisest. Putukate, vähkide, ämblikkude ja teiste selgrootute toimetused järgnevad päritud tungist. Liblikad, üksikud mesilased, herilased jt. leiavad oma saagi või toiduallika, ehitavad pesad, põgenevad vaenlaste eest, munevad jne. otse pärast metamorfoosi, ilma et nad neid toiminguid iialgi oleksid näinud või õppinud. Vaevalt võib kahelda, et putukail puudub teadvus, mis nad teevad. Raske kujutella, et putukas „teab“, miks ta pesa ehitab ja muneb, sest on sagedane nähtus, et ta iialgi ei näe oma munast arenevat tõuku ja sellest kujunevat täiskasvanud järglast. Putukate ja teiste lüljalgsete toimetused on küll tüsilikud, ent väga skemaatsed: kõik toimetavad ühte viisi. Kärjed ja pesad on ühte viisi ehitatud.

Kõik toitumisega ja sigimisega seotud toimetused on kõigil ühe liigi esindajail ühesugused (saagi surmamine jne.). Ning niipea kui neil tekib mõni erakorraline raskus, siis on kõik nende „oskus“ lõppenud. Üksik herilane (*Pelopaeus*) jätkab pesa ehitust, kui kaanetatud pesa seinalt kõrvaldatakse, ent ehitab siis seinale ainult kaane! Mune mine tühja kärge, kust tõugu tarvis korjatud mesi välja lastud, vigastatud kärjesse munemine ja tema kaanetamine ning palju teisi katseid tõestavad, et putukad nähtavasti ei ole teadlikud oma toimetustis. Nad ehitavad edasi, munevad ja teotsevad ka siis, kui nende tegevusel ei ole enam mingisugust mõtet.

Säherdust päritud toimetamistungi nimetatakse loomusunniks ehk instinktiks.

Ent siiski juba putukail, vähkidel jt. esineb lihtsamal kujul assotsiatsioonivõime. Nagu nägime, õpib mesilane assotsieerima toiduleidmist teatava värviga, ka lõhnaga. Vähid õpivad assotsieerima keemilisi, kompimis- ja nägemisärritusi teatava liikumissihiga (õigemini lihasaistinguga). Ent see nõuab enne kauakestvat harjutamist ehk õpetamist. Kahtlemata etendavad assotsiatsioonid kõrgemate selgrootute elus kaunis tähtsat osa. Asetatakse putukas või vähk uude ümbruskonda, siis muutub ta ülalpidamine ümbruskonnale vastavalt (tekivad uued assotsiatsioonid). Nende „harjumus“ võib muutuda, ent siiski ainult võrdlemisi kitsais piires.

Selgroolisel tuleb esile uus hästi arenenud organ — peaaaju. See on võrdlemisi madalamate loomadega suur ja tublisti spetsialiseerunud. Suur peaaaju on võimaldanud eduka aistingute ja assotsiatsioonide registreerimise, s. o. meelespidamise ehk mälu. On tähele pandud, et mõned kalad hoiduvad eemaie kohast, kus neid hädaoht kõigest üks

kord ähvardanud. Juba ühe nähtuse põhjal tekib assotsiatsioon. Säärased nähtused on selgrooliste elus harilikes tingimuses sagedad. Esinevad aga erakorralised, looduses mitteolevad tingimused, siis ei teki assotsiatsioon sugugi nii ruttu. Akvaariumis, milles haug kogrest klaasiga lahutatud, tungib haug mitukümmend korda kogrele kallale, enne kui ta õpib assotsieerima kallaletungimist lopsuga vastu pead. — Üldiselt on kalade, kahepaiksete ja roomajate eluviisid ja toimetused siiski veel võrdlemisi lihtsad. Uute assotsiatsioonide kujunemine on neil kaunis piiratud.

Lindudel ja imetajail on peaaegu palju enam arenenud kui teisel selgroolisil. Enamikul imetajail on aju kääruline ja seega rikas hällollusest, milles peaaesjalikult ergurakud. Lindudel tekivad kaunis mitmekesised assotsiatsioonid. Papagoi õpib mitmesuguseid toimetusi sooritama. Lindude eluviisidki on mitmekesisemad kui madalamail selgroolisil (pesade ehitamine, poegade eest hoolitsemine, nende õpetamine). Ka imetajad (hobused, koerad, ahvid jt.) suudavad keerulisi toimetusi käskudele vastavalt ära õppida (dresseerimine!). Koerte ja ahvide iseloomustki võib juba rääkida. Ka imetajad õpetavad poegi (kass jt.). Siiski on üldiselt lindude ja imetajate toimetusel instinktil tähtis koht. Linnud ja imetajad (kobras) suudavad päritud tungi mõjul pesi valmistada.

Ahv omab teatava määrani mõtlemisvõimet. Šimpanse oskab banaani malgaga puuri juurde kiskuda, nõõrile kinnitatud banaani nõõri abil eemalt puuri tõmmata, banaani kättesaamiseks kastisid üksteisele otsa laduda jne. Seda ei suuda ükski teine loom.

Kõige kõrgemal seisab oma vaimlisilt võimeilt inimene. Tema on varustatud võimega mõelda, teha loogilisi järeldusi, rääkida ja üles seada eesmäärke. Ainult inimene on õppinud valmistama kõik-suguseid tarbeasju, ehitusi, käsutama tuld, elektrit jne. Inimese toimetused ei ole enam päritud (näit. ehituste valmistamine), vaid on õpitud. Päritud on küll teatud tungid, ent mõistuse mõju on toimetusel esiplaanile tõusnud.

Olgu ka meelde tuletatud, et inimeses esinevad lihtsamadki ärritatavuse avaldused, nagu taksised (valged verelible), refleksid ja auto-maatsed liigutused. Need on eluks tingimata tarvilikud alused.

Ärritatavus on omane kõigile organismele. Madalamail organismel on erutumuse avaldused lihtsad. Kõrgemate loomade spetsialiseerunud mee-organid ja nende erutumuse avaldused on väga mitmekesised. Taimedki on ärritatavad, pealegi samade tegurite varal, mis loomad. Seski suhtes ei erine taimed loomist oluliselt. Ärritatavus on üks

kõige iseloomulisemaist elusolevuste tunnuseist ehk omadusist. Ärritatavuse avaldused on seotud olluste- ja energiavahetusega.

5. Eneseregulatsioon.

Hakkab loom jooksuma, siis tõuseb ta südame tegevuse ja hingamise kiirus. Tegevaisse lihaseisse juhitakse rohkem verd ja seega ka rohkem toiteolluseid. Samuti kantakse sel viisil lihastest ollustevahetuse lõppsaadused kiiremini eemale. Tähendab, organismis toimub südame tegevuse, verevarustuse ja hingamise korraldus ehk regulatsioon. Organism reguleerib end ise. Tegevusel tekib organismis rohkesti soojust, ent püsisoojaste temperatuur ei tõuse harilikust kõrgemale. Ülearune soojus lahku organismist auramise ja higistamise teel. Külma korral sooritavad lihased kokkutõmbeid ja keha temperatuur jääb püsima (temperatuuri regulatsioon). Kõrgemal loomil on ka vere osmootne rõhumine muutmatu, ta reguleerub. Nälja- ja janutunne reguleerivad looma söömist ja joomist. Teeb loom enam tööd, siis tarvitseb ta enam toitu.

Funktsionaalne kohastumine. Peab teatav organ palju töötama, siis areneb ta tugevamaks (ülesandele kohaseks korraldumine ehk reguleerumine). Rasketöölisel on lihased hästi arenenud, tugevad. Ta kehaehitus on üldse tugevam. Istuva eluviisi puhul jäävad lihased võrdlemisi väikesiks, lõtvadeks ning nad väsivad kiiresti. Lihaste funktsiooni ehk tegevusega kohastumine võib toimuda kahes sihis. Tehakse kestvalt, pika aja jooksul tööd, siis tõuseb lihaste vastupidavus kestva tegevusele. Kui aga töötatakse väga intensiivselt (tõstetakse korraka palju), olgugi võrdlemisi lühikest aega, siis kasvavad lihased erakordselt suureks, nad hüpertrofeeruvad (jõumees!). Võetakse aga lihastel üldse tegevuse võimalus, siis kõhetub ehk atrofeerub ta kiiresti. On loom või inimene rohkesti kehaliselt tegev, siis peavad ka ta süda ja hingamisorganite lihased rohkem tegeval olema ning nemadki kasvavad suuremaks või lihtsalt kohastuvad suurema tegevusega. Siin näeme, et ühe kehaosa tegevus mõjub ka teisisse organeisse. Tegevuse tagajärjel kasvavad ka luud tugevamaks. Isegi luude pikkus ja kuju võib märgatavalt muutuda.

Nahk, mis hõõrdub, kasvab paksemaks. Iseäranis paksuks kasvab nahk kohal, kus rõhumine ja hõõrumine suur (jala tallad, peopesa, hobusel rangide alune jne.). Kasvatatakse kulleseid peajasjalikult lihaga, siis arenevad neil lühemad sooled kui taimelise toidu korral. Lõigatakse teine neer välja, siis kasvab teine suuremaks, sest tema eritamistegevus

tõusis. — Teeb inimene vaimlist tööd, siis harjub ta sellega ja ta aju kohastub enam selle tegevusega. On ta vaimline tegevus loid, siis ei arene ta võimed. Elab neeger Aafrikas lihtsais oludes, siis jääb ta vähe arenenuks. Õpib ta aga Euroopa kooles, siis tõuseb ta aruka kultuurinimese tasapinnani. Kuivõrt tähtis on tegevus ergukava arenemisel, selgub iseäranis hästi katsest kutsikatega, kel silmalaud kinni õmmeldi. Silmade tegevusetuse tagajärjel jäid nende nägemiskeskkohta ergurakud hoopis arenemata, lootelisele astmele.

Taimil areneb mehaaniline ehk tugikude vastavalt kantavale raskusele. Järsul kallakul arenevad puu toetavad juured kõige tugevamaks.

Kõigest sest järgneb, et organism kohastub funktsiooniga. On tegevus elav, siis areneb organ, on tegevus väga väike, siis kõhetub ta või jääb kängu. Tegevusel on kõik kehaosad üksteisega seotud.

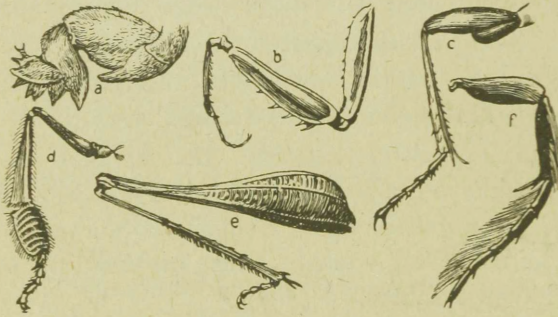
Regeneratsioon. Tabab organismi vigastus, siis paraneb see harilikult. Vigastatud kohal hakkavad rakud kiiresti poolduma ja hävinud osa asemele tekib uus, ta regenereerub. Regeneratsioon esineb kõigis organismes. Organismid omavad võimet „enese vigastusi parandada“, ennast reguleerida ehitusegi suhtes.

Eneseregulatsiooni nähtused põhjenevad ärritatavusel. Eneseregulatsiooni protsessid ei ole otseselt tingitud väliseist ärritustest, vaid väliste või tegevus-ärrituste mõjul toimuvad organismi sisemuses muutused, teisejärgulised ärritused, mis viivad eneseregulatsiooni avaldusteni. Väline või tegevusärritus on ainult esimeseks lüliks ärrituste reas, mis eneseregulatsiooniks tarvilikud. — Ka eneseregulatsioon on väga iseloomulik elusolevuste iseärasus.

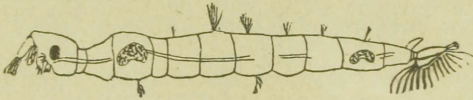
6. Kohastumine.

Niihästi loomad kui ka taimed on kohastunud nende olukordade ehk tingimustega, milles nad elavad. Kogu loodusloo-kursuse jooksul on alaliselt kohastumisnähtustega tutvunud. Seepärast esineb siin ainult üksikuid näiteid, ja kõige pealt jäsemete ehitus. Jäse on kohastunud keskkonnaga, kus liikumine toimub. Veeloomil on jäsemed harilikult mõlalaadsed, kohased sõudmiseks, võrdlemisi suure piinaga (uimed, ujumisnahaga jalad). Ning erinevasse klassesse kuuluvail organismelgi on vees ujumiseks sarnased jäsemed (näiteks konn, krokodill, part, hüljes). Puude otsas elutsevail roomajail, lindudel ja imetajail on jäsemed kohased puu oksist kinni hoidmiseks. Nende sõrmed või varbad ja küüned on harilikult pikad. Maismaa-loomade jäsemed puutuvad võrd-

lemisi väikese pindalaga vastu maad, nii et liikumine on hõlbustatud ja hõõrumine vähendatud. Kiiresti jooksjail loomil on jäsemed peenikesed, kerged ja harilikult pikad. Hüppajail loomil on tagumised jäsemed pikad (konn, hüppiir). Maa-aluseis koopais ja käiges elutsevail loomil on jäsemed lühikesed, mis kohased maa all käimiseks ja kaevamiseks (mutt). Lendavail loomil on jäsemed varustatud suure pindalaga aren-ditega (suled, lennunahk), mis lendamiseks ja eriti õhus ülalseismiseks tingimata tarvilikud. Putukail on jäsemed peajoonis samasugusel viisil kohastunud liikumisviisiga (kaevamise, hüppamise, ujumise, kõndi-



54. joon. Putukate jäsemed. *a* — kaevamisjalg (kaera sori), *b* — röövjalg (palvetaja), *c* — käimisjalg (mardikas), *d* — korjamisjalg (mesilane), *e* — hüppamisjalg (ritsikad, kilgid), *f* — ujumisjalg (vee mardikas).



55. joon. Säase *Corethra* tõuk.

misega, 54. joon.), ehk küll nende anatoomiline ehitus on märksa teine kui selgroolisil (nimelt?). Lendamiseks on putukail tiivad. Niihästi putukate tiibade kui ka jäsemete ehitus, tekimine ja arenemine on hoopis teised kui selgroolisil, kuna aganende ülesanne ehk funktsioon on ühesugune. Putukate tiivad ja jäsemed on selgrooliste vastavate aren-ditega analoogsed organid. Nii nimetatakse ühesuguse funktsiooniga organeid.

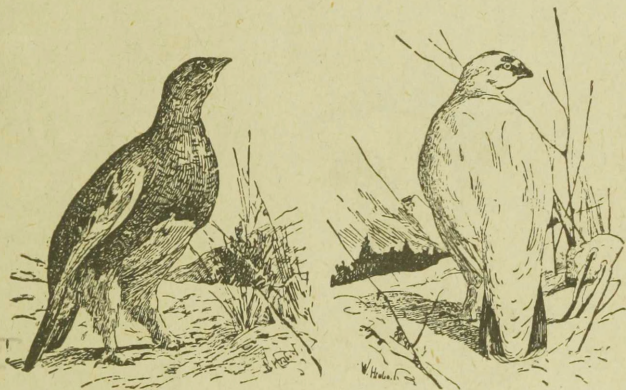
Organeid aga, mis on ehituse ja arenemise järele ühesugused (näit. mitmesuguste selgrooliste jäsemed, kala ujumispõis ja kopsud) nimetatakse homoloogseiks. — Üldiselt on jäsemete vorm ja ehitus kohane antud keskkonnas elamiseks.

Hammaste ehitus vastab toitumisviisile. Rohusööjail on purihamba pind teravate voltidega, millega kerge rohtu peeneks mäluda. Kiskjail on purihambad õhukesed, teravaääreliste kühmudega, millega nad lõikavad liha otsekui kääridega. Ahvel ja inimesil on purihambad tõmpide kühmudega, kohased vilja, eriti puuvilja peeneks pigistamiseks ja hõõruiseks. Üldiselt on hambad niivõrt kohastunud teatava toitumisviisiga,

et mittekohase toidu tarvitamine on raskendatud (näiteks kiskja — rohi või leib jne.).

Kaitsevärv. Loomade värv on väga sagedasti sarnane ümbruskonna värviga. Säärast looma on raske eraldada ümbruskonnast. See pärast on ta paremini kaitstud vaenlaste eest või suudab ise kergemini märkamata saagile läheneda. Kaitsevärv esineb vees kui ka maismaal. Paljudel kaladel on värv nii põhja värvi sarnane, et neid raske märgata. Vähid ja teisedki veeloomad on väga sagedasti oma ümbruskonna värvi. Hulk mereloomi, nagu ainuraksed, meduusid, salpid, ka mõned vähid, limused ja kalad on läbipaistvad. Meie vetes elab üks läbipaisteve sääse tõuk (*Corethra*, 55. joon.)

Rohul elutsevad ämblikud, putukad, nende tõugud ja röövikud on harilikult rohelised. Puude koorel peatavad putukad ja ämblikud on sagedasti nii koore värvi, et neid raske üles leida. Kuival rohuvaesel maal



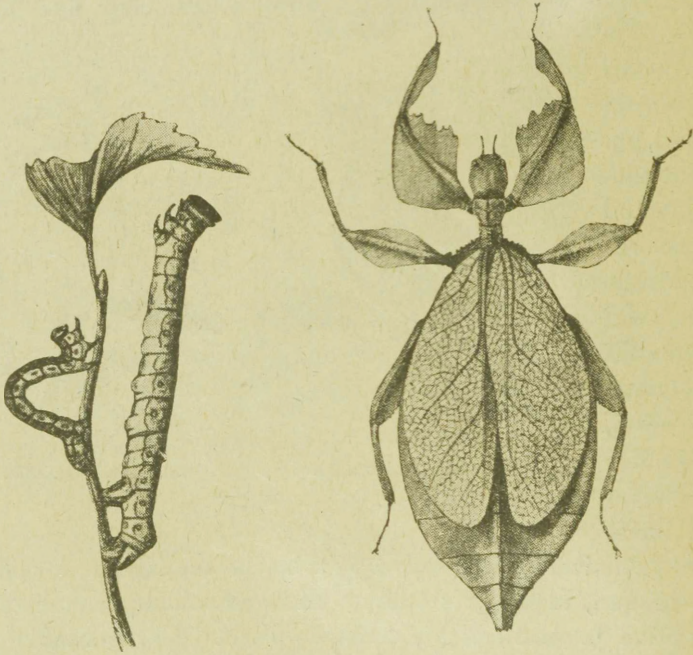
56. joon. Rabakana; pahemal suve-, paremal talvelsulgedes.

on tirtsud pruunikashallid, kuivava rohu ja maapinna värvilised. — Rohelised konnad, maod ja sisalikud leiduvad rohus ja roheliste lehtede keskel. Lõoke ja varblane on mullavärvilised. Kõrve-sisalikud, hüppiired, šaakalid ja kõrvelõokesed on liivavärvilised. Polaarmail elavad valged, lumekarva loomad: jääkaru, jäärebane, jääjänes, valge öökull, rabakana (56. joon.). Kaitsevärv on üldse sagedane nähtus. — Mõnede loomade värv muutub olenedes ümbruskonnast. Kameeleon on lehtede keskel roheline, ent ta võib ümbruskonna kohaselt ka pruuniks ja kollaseks muutuda. Mõned teisedki roomajad, kahepaiksed, kalad, peajalalised ja vähid omavad ümbruse kohaselt muutuva värvi.

Kaitsevorm. Mõned liblikate röövikud (vaksiklased) võtavad puude okstel säärase seisangu, et nad kangesti meelde tuletavad kuivanud oksa (57. joon.). Lehtritsikas omab rohelised lehekujulised (isegi „roodudega“) tiivad (58. joon.). Raagritsikas on täiesti okste või raagude sarnane

(59. joon.). Liblikas *Kallima* on kokkupandud tiibadega täielikult kuivanud lehe sarnane. Laskub säärane liblikas, kes lennul heledavärviline, järsku puu oksale, siis ei suuda teda tagaajav vaenlane kuivanud lehest eraldada. Mõned lehetäid, mardikad, liblikad ja troopika-ämblikud omavad lindude väljaheidete sarnase kuju. Paljud putukad on pungade, seemnete ja mullatükikeste kujulised. Mõned kalad on väga sarnased vetikatega, mille vahel nad elavad (60. joon.).

Real juhtudel on hoopis kaitseta loomad sarnased säärastega, kes



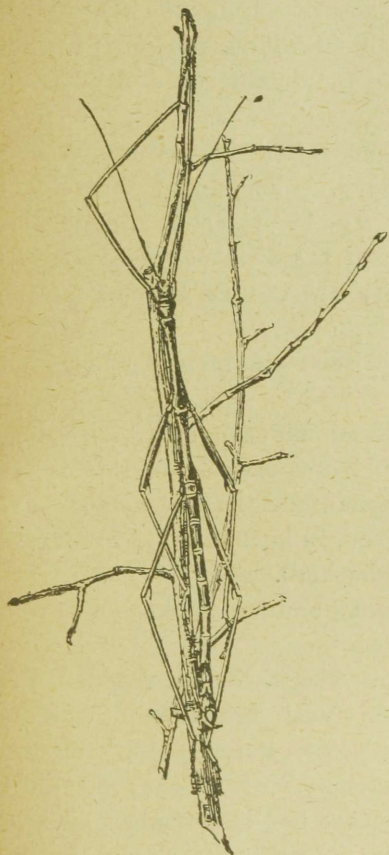
57. joon. Vaksiklane.

58. joon. Lehtritsikas.

on kaitstud vaenlaste eest mürgiga või paha maitsega (mimetism ehk mimikria). On liblikaid, kes on väliselt hoopis teise sugukonna pahalõhnaliste liblikate kujulised. Toiduks mittekõlvulised liblikad ja ka teised loomad on harilikult heledavärvilised, silmapaistvad. See on hoiatusvärv. Paljud kärbsed (sirelased, mudakärbsed) on mesilaste, kumalaste, herilaste ja kaevurherilaste sarnased. Loendatud kiletiivalised on hästi kaitstud astla ja mürgiga. Säärane kaitsetute loomade sarnasus kaitstutega esineb looduses kaunis sagedasti ja nähtavasti on see kaitsetule loomale kasulik: putukate vaenlased ei puutu teda.

Mõned mardikad on väga sipelga sarnased (61. joon.), mis neid nähtavasti kaitseb sipelgate eest.

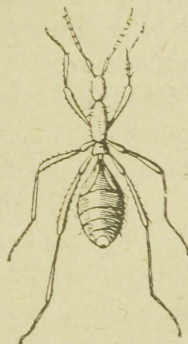
Taimede kohastus putuktolmumise, talvitamisega, põuale vastupanekuks jne. on tuntud nähtused.



59. joon. Raagritsikas.



60. joon. Merevetikate sarnane närtskala (*Phyllopteryx eques*).



61. joon. Sipelgasarnane mardikas (*Mimeciton pulex*).

Üldse on kõik organismid kohastunud nende tingimustega, milles nad elavad. Kõrgemal loomil on kohastumisavaldused palju mitmekisemad kui madalamal. Kohastumine on seega üldine elunähtus.

IV. Elutingimused ja organismid.

A. Üldised elutingimused.

Et küünal põlema hakkaks, selleks on tarvis teda süüdata, s. o. tema tahi temperatuur peab teatava kõrguseni tõusma. Põlemiseks on tingimata tarvilik ka hapnik. Et põlemine takistamata suudaks toimuda, selleks peab õhk vaikne või ainult teatava piirini liikuv olema. Äge tuul ei lase küünalt põleda. Nagu näeme, on põlemiseks tarvilikud mitmesugused asjaolud. Nähtuse toimumiseks tarvilikud asjaolud on selle nähtuse tingimused. Nii on näiteks küünla põlemise tingimuseks kõrge temperatuur, hapnik ja tuule puudumine (muidugi ka küünal ise).

Sulatame väävli ja valame ta külma vette. Niiviisi saame poolkõva painduva — n. n. plastilise väävli. Mõne tunni pärast on ta jälle rabedaks muutunud. Sula väävli vette-valamine on plastilise väävli sündimise tingimuseks. Siin ei saa põhjusest rääkida, sest põhjused on teadmata, kui põhjuse all mõista vastust küsimuse peale: „mispärast?“

Kõigi olluste seisukord oleneb väliseist tingimustest, milles nad asuvad.

Elusad olevused on iseäranis tundlikud mitmesuguste väliste tingimuste muutuste vastu. Kõigil organismel on nende eluvalduste toimumiseks tarvilikud teatavad kindlad tingimused. Elutingimused jaotatakse kolme rühma; need on: 1) füüsikalised, 2) keemilised ja 3) biotsed (teisist elusaist olevusist sõltuvad elutingimused).

1. Füüsikalised elutingimused: temperatuur, mehaaniline rõhumine, osmootne rõhumine ja valgus.

Temperatuur üldtingimuseks. Nagu teada, sisaldab rakk kõige enam vett ja valku (munavalget). Vesi aga külmub teatavasti 0° ja keeb 100° temperatuuris. Protoplasma, kui valkollus kalgestub teatavas temperatuuris. Valgu kalgestumistemperatuuriks on $+50-70^{\circ}\text{C}$. Kalgestunud valku ei saa enam mingisugusel teel tema endisse olekusse tagasi viia. Elu on võimalik ainult 0° ja $+50$ kuni 70° piirides, sest külmunud või kalgestunud protoplasmas ei ole võimalik olluste vastuvõtmine ning eritamine jt. elutegevused. Paljud organismid surevad juba 30 ja 40° vahel. Elutegevus on võimalik ainult vedelas või sülditaolises protoplasmas.

Mõned üksikud organismid suudavad kõrgemat temperatuuri; välja kannatada kui harilikult teised. Sinirohelised vetikad ja infusoorid suu-

davad isegi kuuma vee allikais elada, kus $t^0 = 50-70^{\circ}\text{C}$., äärmiselt 81° . Neis piires on võimalik tegev elu. Varjatud elu ei puudu ka väljaspool neid piire. Kalu võib ära külmetada kuni -15° -ni, missuguses temperatuuris neid võib pulbriks tampida. Kui neid aga ettevaatlikult ära sulatada, siis hakkavad nad jälle tegevvalt elama. Konni võib ära külmetada -28° -ni, hulkjalgseid -50° -ni, tigused -120° -ni, mõndi baktereid alla -200° . Bakterid (*Bact. phosphorescens*) on isegi -252° temperatuuri üle elanud. Igapäevasest elust on teada, et taimed elavad talvekülma ilma veata üle (oras, puud jne.), nõndasamuti aedade külge kinnitunud nukud, pragudesse pugunud putukad jne.

Loomade külmetamisel on tähele pandud, et looma keha jahutamisel teataval silmapilgul tõuseb ta keha temperatuur järsku mõne kümnendiku või mõne kraadi võrra. Liblika jahutamisel langes temperatuur $-9,3^{\circ}$ -ni, siis tõusis ta järsku $-1,7^{\circ}$ -ni. Temperatuuri tõus tuleb sellest, et veri ja mahlad olid alguses vedelas olekus, alajahutunud, siis hakkasid nad järsku kindlaks külmuma, kusjuures vabanes sulamise varjatud soojus. $-4,5^{\circ}$ temperatuuris olid kõik kehaosad kõvaks külmunud. Ent kui ka niisugune läbikülmunud liblikas aeglaselt ära sulatati, siis hakkas ta jällegi liikuma. Kui aga temperatuur langes pärast vere külmumist alla -9°C ., siis ei olnud enam võimalik looma ellu äratada. Seda temperatuuri, millest allapoole jahutamisel surm looma tabab, nimetatakse surmapunktiks.

Samuti on jääks külmetada võidud ka soojaverelisi loomi, nimelt nahkhiiri. Selgi juhul on tähele pandud temperatuuri hüpet ja sama (-9°C) surmapunkti. Nahkhiire rinnakoopa avamisel oli leida, et kõik koed ja veri olid kõvaks külmunud. Selles seisukorras ei avalda loom muidugi mingisugust elu tunnismärki, ent ta ei ole siiski surnud. Ta ärkab sulatamisel. Niisugust seisukorda kutsutakse varjueluks ja sellest ärkamist anabioosiks (taaselustumiseks).

Kõrget soojust kannatavad välja bakterite eosed ja kuivad seemned. Siberi katku ja heinabakteri eosed ei sure nii pea ka $+130^{\circ}\text{C}$. temperatuuris. Eosed sisaldavad vähe vett. On leitud, et mida veerikkam või mahlasem on taim või loom, seda rohkem kannatab ta sooja ja külma käes. Veevaene protoplasma ei tardu.

Temperatuuri toime elutegevuse kiirusesse ja elusaisse olevusisse on väga suur.

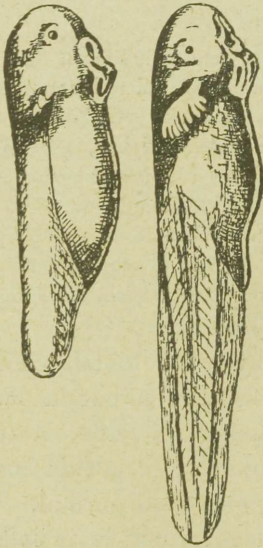
Teatavaiks elutegevusiks on erinevail olevusil erilised piirid. Nisu või oder hakkab idanema juba $3-4^{\circ}$, tubakas ja kõrvits alles $11-16^{\circ}$ soojuses. $3-4^{\circ}$ sooja käes ilmuvad teradel eod alles teisel nädalal, $20-25^{\circ}$ juures aga ühe päevaga. Kui aga temperatuur veel kõrgemale tõuseb, siis jällegi idanevad terad aeglasemini. 40° juures ei idane nad üldse enam. Idanemiseks antud juhul kõige madalam $t^0=3-4^{\circ}$, kõige

parem $t^0=20-25^0$, kõige ülem $t^0=40^0$. Ka igal teisel elutegevusel on oma alammäär (miinimum), kõige kohasem temperatuur (optimum) ja ülemmäär (maksimum). Näiteks olgu bakterite sigimine:

Tiisikusebakter — miin. $+ 30^0$, opt. $+ 38^0$, maks. $+ 42^0$.

Heinabakter — „ $+ 6^0$, „ $+ 30^0$, „ $+ 50^0$.

Kui temperatuur miinimumist vähe kõrgem, siis on elutegevus väga aeglane, ent muutub temperatuuri tõusuga ruttu kiiremaks. Kevadel tärkab soojade ilmadega rohi kiiresti mulla põuest, puud lehivad ruttu,



62. joon. Kolmepäevased konna vastsed. Vähem on arenenud 20^0C , suurem 24^0C temperatuuris.

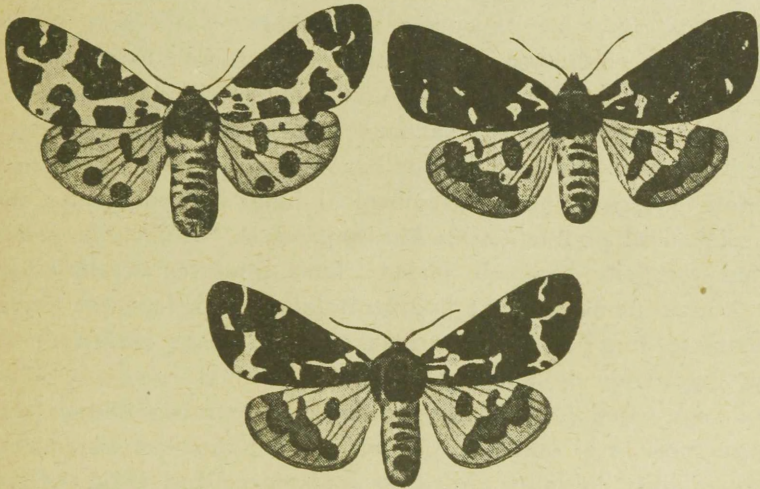
loomariik hakkab kihama. Ent niipea kui ilmad lähevad jahedaks, jääb kõik elu aeglaseks. Elutegevus muutub 10^0 -lise temperatuuritõusu korral 2 kuni 3 korda kiiremaks (Van't Hoff'i seadus). Konnamunad arenevad kõrgemas temperatuuris palju rutemini (62. joon.), nõndasamuti liblikate röövikud jne. Väljalõigatud konnasüda tuksub kõrgemas temperatuuris kiiremini kui madalas. Kõik külmaverelised on soojas elavamad: erkude ja lihaste tegevus on kiirem. Imetajad ja linnud võivad talvel ainult sellepärast elavalt liikuda ja teotseda, et nende keha temperatuur on püsivalt kõrge. Nagu katsed näitavad, on elutegevuse kõige suurem kiirus harilikult 36 kuni 40^0 piires. Nimelt sellepärast on linnud ja imetajad praegusaja loomariigis esimesele, valitsevale kohale tõusnud. Nemat on kõige kõrgemale arenenud ajutegevusega.

Temperatuuri muutuste mõjul võivad ilmsile tulla mitmesugused muutused organismide värvis ja ehituses. Hoitakse koeraliblika (*Vanessa urticae*) nukkusid külmas, siis arenevad neist liblikad, kellel tiivad märksa tumedamad, rikkalikumate mustade aladega. Hulgal juhtudel on suudetud temperatuuri muutuste varal mitmesuguste liblikate tiibade värvi muuta (63. joon.). Koloraado kartulimardika (*Leptinotarsa*) tõukudest ja nukkudest arenevad märksa valgemed vormid kui on temperatuur harilikult tublisti kõrgem või madalam.

Soojas vees on kulleste (konnapoegade) välised lõpused suuremad ja enam hargnenud kui külmas. Viiakse lambad Uuele Guineale, siis jäävad nad seal peaaegu paljaks. Samuti on koertel troopikas hõredam

karv. Tuuakse nad sealt tagasi põhjamaile, siis omandavad nad varssi endise karva. Alpijänessed kaotavad soojas ruumis elamisel pikapeale iseloomulise karvamuutuse (talvel valgeks). Alguses ilmub neile, vaatamata küllaldasele soojusele, talveks ikkagi valge karv.

Ka **mehaaniline rõhumine** ei või üle teatavate piiride tõusta ega langeda. Organismide suhtes tuleb eraldada õhu ja vee rõhumist. Õhu rõhumine on maakera pinnal vähe muutuv. Loomad ja taimed suudavad aga kaunis suuri rõhumise kõikumisi välja kannatada. Sellepärast ei ole harilikes tingimuses õhurõhumisel suuremat mõju orga-



63. joon. Päevakoer (*Arctia caja*). 1 — normaalne vorm; 2 — vorm pärast — 8^o temperatuuriga mõjustust, nukuastmel oleku ajal; 3 — eelmise järglane, kasvata- tud harilikus temperatuuris.

nismidesse. Surmavaks saab rõhumine alles siis, kui ta tõuseb 15—20 atmosfääriini (soojaverelised). Rõhumise vähenemise korral peab ta ka mitu korda langema, enne kui ta elule hädaohtlikuks muutub.

Kui õhupallil üles tõusta kuni 7500 meetrini, siis ilmub nõrkus, ükskõiksus, tahtmine mitte liikuda, kõrvus tundub kumin, ninast, kõrvust ja suust ilmub sagedasti veri. Veres lahustunud gaaside mõjul on sisemine rõhumine suur. Umbes kilomeetri võrra veel kõrgemal on elul varssi lõpp. Sel juhul tuleb surm hapniku puudusest, sest hõredast õhust ei saa organism teda tarvilisel määral. Kui hapnikku sisse imetakse, siis on võimalik isegi palju kõrgemale tõusta (10 500 m, 1901. a. Berson ja Süring), ent 10 250 m kõrgusel läheb ka siis reisijail mõistus segaseks. Kiire väsimus ilmub ka mägedele tõusmisel. Põhjuseks on jällegi hapniku puudus. Mäestikus peab hingamine sügavam olema, sest muidu ei saa tarvilisel määral hapnikku.

Vees on rõhumisel suurem tegelik tähtsus. Mere sügavusis valit-

seb hiiglasuur rõhumine, ent siiski suudavad organismid seda välja kannatada. Vees tõuseb iga 10 m kohta sügavamasse minekul rõhumine ühe atmosfääri võrra; seega on rõhumine 2000 meetri sügavuses juba 200 atm. 600 atm. rõhumisel jäävad kinglooma ja *Colpidium*'i ripsmed seisma, ent kui rõhumine langeb, hakkavad nad uuesti liikuma. Need infusoorid ei suudaks seepärast elada nõnda kõrges rõhumises. Isegi üle 5000 m sügavuses on elusaid organisme leitud. Sügava vee kalad on iselaadilise ehitusega. Kui neid mere pinnale kistakse, siis on harikult sisikond suust välja surutud ja keha suuremaks paisunud. Sügavas on ujumispõis kokku surutud, pinnal aga puudub suur veerõhumine, kuna sisemine rõhumine on endise tugevusega.

Osmootne rõhumine. Raku elus on suur tähtsus osmootsel rõhumisel. Võetakse 4^o/_o-list raud-tsüaankaaliumi ja tilgutatakse sinna kontsentreeritud vasevitrioli, siis saadakse vasevitrioli tilkade ümber pruun pool-läbilaskja (raudtsüaanvase) kile, mis laseb vett sisse, kangemasse vasevitrioli lahusesse, kuna vasevitriol ei tungi läbi välja. Ka rakkudel on suurel määral pool-läbilaskja kile omadused. Kui verde kallata destilleeritud vett, siis lahjeneb plasma, kuna punastes vereliplades püsib endine olluste (soolade jne.) kontsentratsioon. Sellepärast tungib vesi verelipladesse, nad paisuvad suuremaks, kuni viimaks lõhkevad. Samuti on lugu vasevitrioli tilkadega raudtsüaankaaliumis.

Kui aga verelibleid asetada suuremakontsentratsioonilisse lahusesse, siis tungib neist vesi lahusesse ja verelibleid tõmbuvad vähemaks, sagedasti konarlisiks, kui lahus küllalt oli kontsentreeritud (näit. 10^o/_o NaCl). Nõndasamuti on lugu taime rakkudega. Ka tema protoplasmast tungib vesi välja, mille tagajärjel ta ise koomale tõmbub, täites ainult väikest osa kestast sünnitatud ruumist. Paljude organismide veri sünnitab niisama suure osmootse rõhumise, kui 0,6—0,9^o/_o-line keedusoola-lahus. Looma koed, mida soovitakse elus hoida, peab paigutama lahusesse, mille osmootne rõhumine ehk kontsentratsioon on niisama suur, kui koes. Destilleeritud vees või suuremas kontsentratsioonis sureb kude palju kiiremini kui nimetatud tingimusil (isotoonilises lahuses). Pritsitakse konnale teatav hulk küllastatud NaCl lahust verde, siis sureb ta.

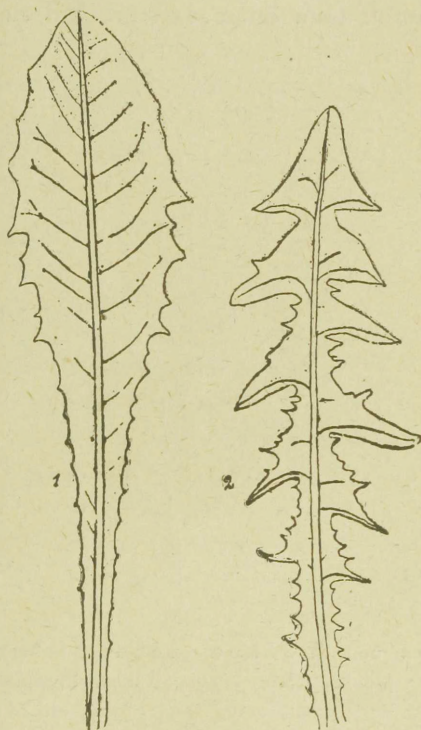
Mere vesi sisaldab teatavasti 3,5^o/_o ümber soolasid, mage vesi märksa alla 1^o/_o. Sedamööda on merevees osmootne rõhumine ka palju suurem kui magedais vetes. Seepärast ei suuda elada mereloomad ja -taimed magedas vees ega mageda vee organismid soolases mere vees. Siiski võivad paljud mageda vee organismid ära harjuda mereveega, iseäranis kui üleminek ei ole järsk; samuti on lugu vastupidisel korral.

Väga soolarikkais järvis ja lahtedes (Surnumeri, Kara-Bugaas) pole elu üldse võimalik liiga suure osmootse rõhumise tagajärjel.

Valgus üldise elutingimuse n. Väga tähtsaks elutingimuseks on valgus. Klorofüllterakesis neelduvad valguse kiired ja neeldunud valgusenergia abil toimub süsihappe killustumine, millele järgneb orgaaniliste olluste süntees. Seejärele on valgus rohelisile taimile tingimata tarvilik: tema abil luuakse eluks tarvilikud ühendid. Mitterohelised taimed ja loomad ei olene küll nõnda otseselt valgusest. Siiski elavad kõik praegused organismid päikeselt saadud energia kulul. Nende elu on võimalik ainult selle tagajärjel, et rohelised taimed on muutnud valgusenergia keemiliseks energiaks, mis sisaldub kergesti vabastataval kujul orgaanilisis ühendes — toiteolluseis. Energia-allika mõttes on päikese valgus üldine elutingimus. Ent ilma otsese valguseta suudavad väga paljud organismid elada (seened, bakterid, parasitussid jt. loomad).

Valguse toime organismesse on üldiselt, ka peale toime rohelisisse taimisse, väga suur. Suurem osa bakteerist sureb õige pea valguse mõjul. Otsesel päikese valgusel hävivad näiteks siberi katku bakterid peaaegu kõik juba ühe tunni jooksul. Valgus takistab hallitusseente kasvamist. Iseäranis kahjulik toime on ultravioletel kiiril.

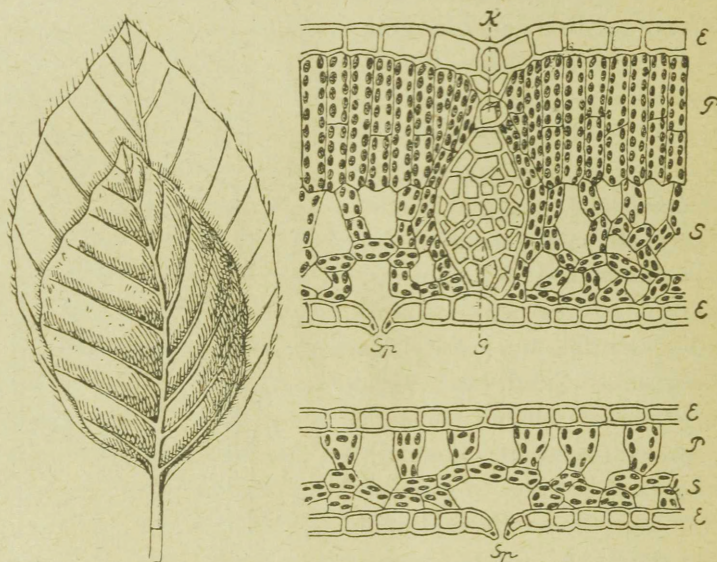
Taimed kasvavad päevaajal aeglasemini kui öösi. Valguse kasvamist-takistava toimega seletatakse ka lehtede ja varte valguse poole pöördumist (heliotropismi). Pimedas kasvanud kartulil on pikad varred, millel vähe lehti küljes. Sõlmevahed on pikad, lehed väikesed ja kol-lased. Pimedas on marrask, kiudsoonte kimbud ja mehaaniline kude vähem arenenud. Varjus kasvanud võilille leht on suurem, peaaegu terveäärne, ent päikesepeistel kasvanul on lehe ääred väga hambulised,



64. joon. Võilille lehed. 1 — varjus, 2 — päikesepeistelises kohas. Orig.

leht ise on vähem (64. joon.). Varjus kasvanud leht on ka õhem (65. joon.), ta sammaskude on väga nõrgalt arenenud, marrasknahk ja kamarnahk (*cuticula*) õhuke. Pannakse ümmaralehine kellukas, kellel loomulikult on all maa ligi rohu varjus ümmarikud, varrel aga kitsad lehed, kangesti varjulisse kohta kasvama, siis tekivad ka üles okstele ümmarikud lehed (66. joon.).

Lehe kujusse mõjub valgus suurel määral auramise teel. Valguses aurab taim enam vett ära kui pimeduses. Kui taime kasvatatakse õhus,



65. joon. Pöökpuu lehed. Pahemal: suurem (pirjoontega) — varjuleht, vähem — päikesepaistel kasvanud leht. Paremalt: ristiläbilõigud, all varjuleht. E — epidermis, P — sammaskude, S — tohlikobekude, Sp — õhulõhe, G — soontekimp, K — kristall.

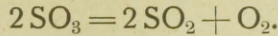
mis on küllastatud veeauruga, siis tekivad niisamasugused lehed, kui varjus (kirikakar).

Väga tihedalt külitatud viljakõrred ei saa küllalt valgust ja selle tagajärjel jäävad kõrre rakkude seinad õhukeseks (67. joon.), nii et vihm võib neid kergesti maa ligi painutada ja murda (maha heita).

Valguse kiired ei ole kõik üheväärilised kasvamise ja arenemise suhtes. Kollase kupli all kasvanud taim on pikkade sõlmehedega, nagu etioleerunud ehk putkastunud taimil. Sinise kupli all arenevad taimed normaalselt, ehk küll nimelt spektri esimene pool edendab kõige enam süsihappe sarnastamist. Taimed, keda kasvata-

takse ilma ultraviolettide kiirte juurdepääsmiseta, peaaegu ei öitse ega kanna seemneid. Valguse mõjul toimuvad taimes, peale süsihappe sarnastamise, nähtavasti veel mitmesugused teised reaktsioonid.

Et valgus mõjub ollustesse, on väga hästi teada. Näiteks, fotograafimisplatil lagub broomhõbe, misjuures vabaneb hõbe musta pulbri näol. Väävelhappe anhüdriid lagub ultraviolettide kiirte käes väävlisanhüdriidiks ja hapnikuks:



Ka loomade peale avaldab valgus suurt mõju. Valguses on ollustevahetus kiirem. Valguses

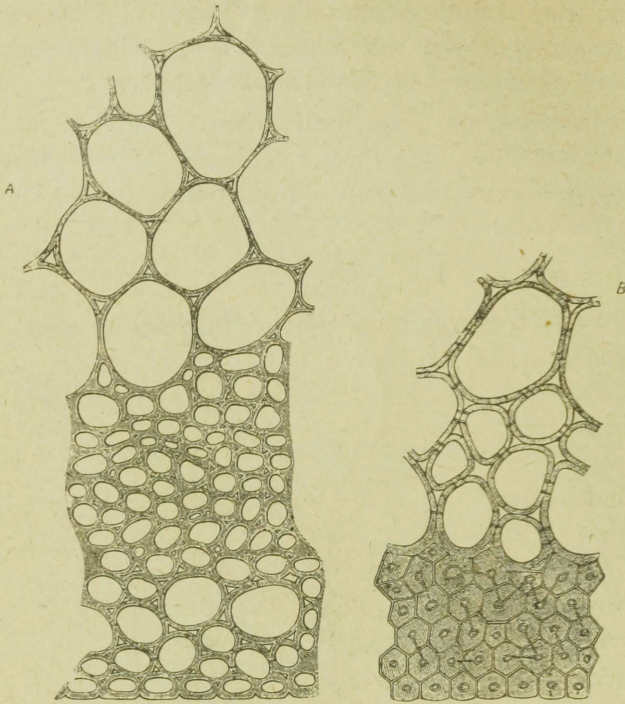
tarvitab loom enam hapnikku ja eritab rohkem süsihapet (katsed koertega, meresigadega, kodujänestega, lindudega jt.). Ka lämmastikuvahetus tõuseb valguse, eriti violettide kiirte mõjul. Nälg sureb loom valguses rutiini kui pimeduses. Regeneratsioon ja kasvamine on valguses kiirem. Pimedes kasvatatud päevakoera (*Arctia caya*) röövikud surevad välja.

Hoitakse kammeljas klaasakvaariumis, mida ka alt valgustatakse, siis pigmenteerub hele aluminegi kehapool, s. o. muutub tumedavärviliseks. *Proteus* (kahepaikne) on koopais värvitu ja pime. Päevavalgel muutub ta mustaks. Hoitakse *Proteus*'t vaheldamisi päevavalgel ja punases valguses, nii et nahasse liialt palju pigmenti ei teki, siis pääsevad valguskiired tema kiduraisse naha-alusesse silmisse ja silmad arenevad täielikult välja. Liblikate röövikute ja tõukude värv ja kiri võib muududa värvilise aluspinna mõjul.

Valguse mõjul pigmenteerub ka inimese nahk. Paljud haigused paranevad valguses. Suur valgustus võib ka siin halvasti mõjuda, iseäranis kui inimene ei ole veel harjunud valgusega. Valgustatakse keha järsku kauemat aega heleda päikese käes, siis hakkab nahk punetama



66. joon. Ümmaralehine kellukas. Kõrgel varrel on tekkinud südajad lehed varjamise tagajärjel.



67. joon. Rukkikõrte läbilõigud. *A* — mahaheitnud kõrs, *B* — normaalne kõrs.

ja tekib valusünnitav paistetud. Nahk sarvkiht langeb seepeale tükkidena maha ja nahk pigmenteerub. Pigmenteerunud nahk ei lase valguse kiiri sügavale tungida.

2. Keemilised elutingimused:

Toit, vesi ja hapnik.

Toit üldise elutingimusena. Iga elus olevus tarvitab oma pidevaks olemasoluks toitu. Toit on tarvilik kasvamiseks ja iseäranis elutegevusiks, millel toimub kiire

energiavahetus (liikumine, ergukava tegevus, hiilgamine jne.). Loomorganismis on toidu vastuvõtte ja äratarvitamise vahel enamasti tasakaal valitsemas. Ei saa aga organism enam uut toitu, siis kaob tasakaal: laguvad kehasse kogutud varuained ja keha enese elus ollus. Neist saab siis organism tarvilikku energiat. Tasakaal on rikutud ka sel korral, kui organism vähe toitu saab. Täielikku toidu vastuvõtte puudumist nimetatakse nälgimiseks, puudulikku toitumist — alatoitumiseks.

Nälja ajal laguvad keha ollused nõndakaua, kuni organism sureb. Sagedasti võib organism (imetajad) $\frac{2}{5}$ — $\frac{1}{2}$ ehk enamgi oma algusraskusest kaotada, enne kui ta sureb. On võrreldud ühesuguste tuvide, kellest teine näljasurma surnud, organite raskust. Sel teel on leitud, et rasvkude kaob nälgimisel pea täielikult (93%), põrn, kõhunääre ja maks kaotavad üle poole raskusest (62—71%), lihased — 34—45%, nahk, neerud, kopsud 22—33%, luud 17%, ergukava — 2%. Siit on näha, et tähtsamad koed ei kaota nõnda palju kui vähem tähtsad.

Nälgimise kestus surmani võib olla väga mitmesugune. Ilma toiduta suudavad elada: linnud 5—28 päeva, koerad 25—36 ja enam, konn 1 aasta, kilpkonn 4 aastat, lutikas 1 a., kaan 2 aastat. Mut, kes on väga ablas, suudab ilma toiduta olla kõigest ühe päeva. Täisealised inimesed võivad nälgida ilma veata 30—40 päeva ja enam, noored aga palju vähem.

Ühekordne nälgimine ei avalda püsivat halba mõju organismisse. Triitoneid ehk veesisalikke on lastud nälgida kasvamis-ajajärgus 7—8 nädalat. Ent niipea kui nad toitu hakkasid saama, kasvasid nad varssi teisile järele, kes harilikes tingimuses elasid. Korduv lühiaegne nälgimine avaldab hoopis halvemat mõju. Triitoniid, kes igal teisel nädalal nälgisid, ei suutnud normaalseile järele kasvada, nad jäid neist 0,3 võrra kergemaks. Kui puudulik toitmine kaua kestis, siis jäidki nad normaal-

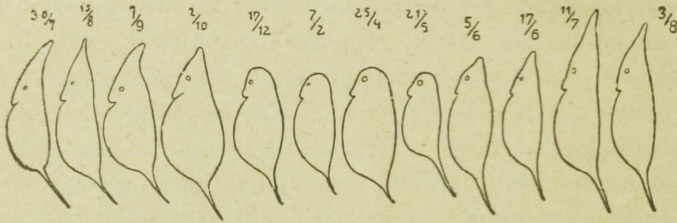


68. joon. *Ocneria dispar*. 1 — normaalne vorm, 2 — röövik toidetud sarapuu-lehtedega (tammelehtede asemel). 3 — eelmise munadest arenenud vorm, kelle röövikud toideti tammelehtedega.

seist vähemaks. Inimestegi väikest kasvu peetakse puuduliku toidu süüks. Toidus peavad sisalduma kõik tarvilikud ollused. Puudub toidus mõni mineraalolulis, mõni vitamiin või rasvataoline lipoid, siis on kasvamine ja elutegevused niisamuti takistatud kui energiarikaste toiteainete (valkude, süsivesikute, rasvade) vähesuse korral. Kasvamise ja elutegevuste takistus kujuneb igakord, kui toidus pole mõnda tarvilikku ollust küllaldasel määral (miinimumiseadus). Nii näiteks kasvavad fosforivaese toiduga söödetud põrsad aeglaselt ja nende luud jäävad nõrgaks. Vitamiinide puuduse korral tekivad teatavad haigused ja surm.

Teiselt poolt on aga ka liigtoitus kahjulik, iseäranis neile organismidele, kelle kasvamine ja sigimine piiratud. Liialt toidetud kõrgema looma lihasrakud kaotavad suurel määral oma teguvõimet. Iseäranis kardetav on südame rasvastumine. Liialt toidetud loomad kaotavad sagedasti sigimisvõime. Rasvaste ehk lihavate inimeste surevus on suurem kõhnade ja normaalsete surevusest.

Nõndasamuti kui loomadega, on lugu ka taimedega. Pimedas või mõne soola puudumisel on kasvamine takistatud. Taimede kasvamine on takistatud, kui üks ainuski mineraalolulis sisaldub mullas vähesel määral (näit. Ca, K). Teiselt poolt ei ole ka liialt rikas muld soodus taimede kasvule. Liiga rammusal muldkonnal ei kannata taimed sagedasti seemneid või need on väga kidurad. Toidugi suhtes on maksev miinimum, optimum ja maksimum.

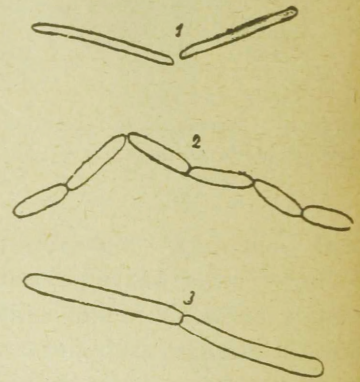


69. joon. Järjelised vesikirbu põlved. (*Hyalodaphnia cucullata*). Ülal kuupäeva numbrid.

kate röövikule toiduks lehti, mida nad sagedasti ilmsile liblikate värv ja suuruse muutumine (68. joon.). Vesikirbulisil on suvel peakilp suurem ja kõrgem kui külmal ajal (69. joon.). Nagu katsed näidanud, seisab see ühenduses rikkalikuma toiduga: ühesuguses temperatuuris on peakilp seda suurem, mida enam toitu saadaval. Kanepiterade mõjul muutub leevikese värv tumedamaks. Antakse noorile kanarilindudele kajenni pipart, siis lähevad nende suled punakaks. Hariliku roheline papagoi suled muutuvad kollaseks ja roheliseks, kui neile antakse sägalaste rasva.

Heinabakterid, kes erinevais toitelahuses kasvanud, lähevad üksteisest lahku kuju ja suuruse poolest (70. joon.). Harilikult on hortensia õied punased, ent raba-maapinnal või hariliku maarjajää¹⁾ mõjul arenevad tal sinised õied.

Vesi üldtingimusena. Nagu üksikus rakus on vesi vahendiks, mis võimaldab olluste rakku tungimise ja eritamise, nii on ta tegev



70. joon. Heinabakterid (*Bacillus subtilis*). 1 — nõrgalt-lehelises 5% lihaekstrakti-lahuses, 2 — nõittraalses 5% ja 0,1% lihaekstrakti lahuses, 3 — heina-leotises.

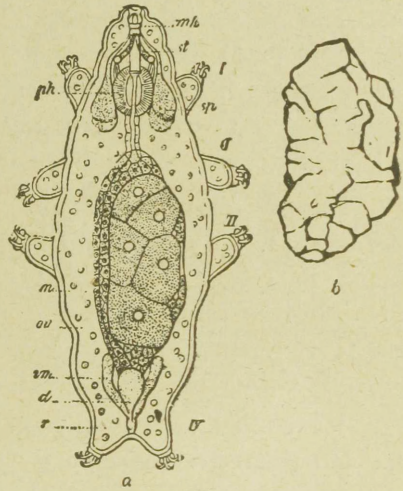
1) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$.

sessamas suunas kogu organismis (veri, lümf). Vesi võimaldab ollustevahetuse.

Kõrgemad loomad surevad janusse rutemini kui nälga. Kui taim ei saa vett, siis närtsib ta. On siiski olemas palju organisme, kes suudavad veepuudust kannatada. Bakterid, pärmseened sünnitavad kuivamisel eosed, mis kattuvad kindlama kestaga (tsüst). Samuti entsüsteeruvad juurjalgsed, infusoorid ehk ripsloomad (71. joon.) ja rotatoorid ehk kerilised. Ämblikulaadne *Macrobiotus* (72. joon.) võib ära kuivada, ent hiljemini vees uuesti tegevalt elama hakata. Samasugune lugu on samblikega, kes põua ajal ära kuivavad, aga pärast vihma uuesti kasvama hakkavad. Ärakui vanud olekus ei avalda taim ega loom mingisuguseid elu tunnismärke (puudub ka ollustevahetus). Elu ei avaldu, ent organism ei ole surnud. See on varjuelu ehk varjusurm. Organismile tarvis vett muretseda ja ta hakkab tegevalt elama (anabioos, taas-



71. joon. Kinglooma tsüst (1).
2 — tsüstist väljatulek.



72. joon. Ämblikulaadne *Macrobiotus*. a — loomulik, b — kuivanud olekus.

elustumine). Organism on sel korral otseku ülestõmmatud seismajäänud kell. Tarvis tikatsit tõugata ja ta hakkab käima.

Mõned bakterid võivad kuivanud olekus kaua aega elada, näit. siberi katku bakter 15—20 aastat kuivas mullas, soetõve bakter 70 päeva.

Nagu vee puudus, nii võib ka ülearune vee rohkus kahjulikult mõjuda organismesse. Taimede juured lämbuvad väga niiskes maapinnas. Liialt veerikas toit mõjub pahasti seedimistegevusse ja edendab käärimist sooltes.

Vesi ja organismide ehitus. Niiskusega küllastatud atmosfääris toimus kõigest 10% kartulimardikail (*Leptinotarsa*) metamorfoos ja nende värv oli erakordselt heledaks muutunud. Vähesel määral

tõusnud või langenud niiskuse mõjul arenesid harilikest tumedamad mardikad. Ka liblikate värv muutub õige märgatavalt, kui nukkusid hoitakse kuivas või väga niiskes õhus. Suurema niiskuse tagajärjel on tähele pandud Põhja-Ameerika tuvikese *Scardafella* värvimuutusi.

Vees kasvav kirburohi laotab ujuvad, kergesti painduva nõrga varrega lehed vee pinnale, kuna aga kuival kasvava sama taime lehil on kõva vars, mis lehe sirgesti üleval hoiab. Lehed ise on vähema pinnaga ja kaetud näarmekarvakestega, mis liimivat, pihkast vedelikku eritavad (õitele kaitseks sipelgate eest). Kõõluslehel on veealused lehed pikka kade lintide kujulised, veest väljaulatuvad lehed aga nooljad. Veepinnal ujuvad lehed on vahepealse kujuga. On vesi sügav või voolab ta kiiresti, siis kujunevad kõõluslehel ainult lintidekujulised, kergesti painduvad lehed. Kuuskheina veealused lehed erinevad suuruse, kuju ja ehituse poolest veest väljaulatuvaist lehist. Üldse on terve rida taimi, mille lehtede vorm ja ehitus muutub niiskusega.

Hapnik elutingimusena. Hapnik on tarvilik hingamiseks, oksüdeerumiseks, misjuures vabaneb energia (soojus). Püsisoojased loomad võivad ilma hapnikuta ainult mõne minuti elada. Ilma O_2 -ta tekivad neis mürgised ollused. Konn võib ilma hapnikuta paljude tundide vältusel elus püsida. Ent ka tema sureb hapniku puudusel kiiresti, kui ta asetatakse kõrgemasse temperatuuri ($30-35^{\circ} C$).

Ka taimed tarvitavad hapnikku. Hapniku puuduse pärast lämbuvad nad (juured!) mullas, kus vett nii palju, et sealt õhk välja tõrjutud (üleliigne kastmine, nõod põldudel!).

Ehk küll hapnikutarvitus esineb suurema osa organismide seas, ent ta ei ole siiski üldine elutingimus. Leidub väike koguke organisme — anaeroobe, kes suudavad elada ilma hapnikuta ja kellele on hapnik sagedasti isegi mürgiks. Anaeroobide hulka kuuluvad mitmesugused bakterid. Ka solkmeussid suudavad elada ilma vaba hapnikuta. Anaeroobides ei lähe olluste lagumine mitte süsihappeni ja veeni, vaid teiste energiarikkamate ollusteni. Nii näiteks suudavad pärmseened suhkrust eneste tarbeks osa energiat vabastada, muutes seda süsihapuks gaasiks ja alkoholiks. Ent suur vahe on energia hulgas, mis vabaneb lõplikul oksüdeerumisel ja osalisel lagumisel (alkohol põleb = energiarikas). Ühe gramm-molekuli suhkru põlemisel ehk täielikul oksüdeerumisel vabaneb 678 kalorit, alkoholini lagumisel aga kõigest 22 kalorit. Seejärele on selge, et täielikul oksüdeerumisel on võimalik palju intensiivsem elutegevus.

Vees, kus hapnikku vähe (soe vesi), arenevad aksolotleil jt. suuremad lõpused.

Organism ja kliima. Nagu nägime, oleneb organismi kuju ja ehitus väliseist tingimustest. Sagedasti ei ole aga võimalik kindlaks teha, milline tingimus selle või teise muutuse esile kutsunud, ent on kindel, et rea tingimuste, kliima muutus on organismidesse mõjunud. 1418. või 1419. a. sattunud Porto-Santo saarele ühelt laevalt kodujänese pojad. Seal on nad harilikest kodujäneseist lühemaks ja poole kergemaks jäänud. Ka nende värv oli muutunud. 1861. aastal toodi neist mõned Inglismaale zoologia-aeda. Ent nelja aasta pärast olid nad Inglise kliima

Päevalillede perekonnast taim maapirn (*Helianthus tuberosus* L.) kasvab madalikus kõrgeks päevalille sarnaseks taimeks (73.

joon.). Maapirn, keda kasvatati 2300 meetri kõrguses, oli hoopis teissuguse kujuga. Ta vars oli pea täiesti kadunud ja lehed maapinna ligi kodari-

kus. Tagajärg oli samasugune, kui võeti ka ühe ja sellesama maapirni indiviidi seemned ja osa neist pandi kasvama madalikku, teine osa mäestikku või kiltmaale. Kõrgel mäestikus on läbipaistva õhu tõttu valgus intensiivsem, õhk kuiv ja enamasti liikuv, mis väga kiirustab auramist; temperatuur aga on madalam, mis raskendab juurte abil vee võtmist. Nende tingimuste tagajärjel omandavad mäestikutaimesed ehk alpifloora harilikult kuivikutaimede ehk kserofüütide iseloomu (väikesed, sagedasti viltjad lehed).

mõjul õige tublisti muutunud: nende karv oli palju vähem punane kui esialgselt. Linnukoerad jäävad Indias vähemaks, omandavad teravamana ja sihvakamad jalad.



73. joon. Maapirn (*Helianthus tuberosus*). P — madalikus kasvanud eksemplar, M (keskel) — mägedel kasvanud eksemplar, N — seesama suurendatud.

B. Organismide olenemine ümbruskonnast (ökoloogia).

Taimede ja loomade elu on kõige lähemas vahekorras antud ümbruskonna ja keskkonna füüsikaliste ja keemiliste tingimustega. Kes-

konna koosseis (maa, vesi, õhk), temperatuur, valgustus, teatav toidusisaldis — need kõik on otsustavaiks tegureiks, mis lubavad ühtedele või teisile organismele antud kohal elada. Organism peab olema kohastunud antud tingimustel elamisega.

Temperatuur. Mail, kus talvel lumi maad katab, suudavad elada taimed, kes on kohastunud külma aja üleelamisega. Talvise külma mõjul peab soikuma taimede elu. Ainult vähesed vetikad võivad jätkata elutegevust veekogudes. Puude ja põõsaste lehed (peale okaspuude) langevad talveks maha, ja lehepungad kattuvad paksude soomustega, villaga või vaiguga. Üle talve elavate taimede (igihaljaste) lehed on kaetud paksu marraskiga (pohl, kanarbik, luuderohi jne.). Rohitaimed surevad enamasti talveks välja. Nad talvitavad kas seemnetena või maa sees peituvate juurikate, sibulate jt. varal.

Ka selgrootute loomade elutegevus soigub talveks. Ainult vetes (ja inimeste elamuis) avaldub veel elutegevus, ent palju vähemal määral kui suvel. Paljud maismaa selgrootud poevad varjulisesse kohisse (koore alla, maa sisse jne.) ning viibivad seal külmakangestuses. Paljud selgrootud surevad talveks üldse välja ja alal püsivad munad. Konnad poevad talveks mudasse, roomajad maa-alusesse augukesisse, kus nad talveunes viibivad.

Maismaal on talvel tegevad ainult püsisoojased (imetajad ja linnud). Nende kõrge kehatemperatuuri alalhoidmiseks külmal ajal on mitmesugused abinõud. Imetajail on kaitseks suure soojusekaotuse vastu tihe karv. Sügisel tekib uus talvekarv. Lindudel on külma vastu kaitseks suled ja udusuled, mis talveks uuendatakse. Polaarmaade imetajail on naha all paks rasvakiht (hüljes, jääkaru, vaal). Rasvakiht vähendab soojusekaotust ja on rikkalikuks energia-allikaks.

Talvisel ajal on aga üldiselt toidusaamine väga raske ja see on peapõhjuseks, miks linnud talveks soojale maale rändavad. Põhjamaile jäävad lindudest peaaesjalikult need, kes inimeste elamute juurest toitu leiavad. Paljud imetajad ületavad külma aja talveunes (nahkhiired, karu, siil jt.). Talveunes viibiv loom hingab väga aeglaselt, süda tuksub väga pikkamisi ja keha temperatuur on tublisti langenud.

Osmootne rõhumine. Paljud taimed hävivad, kui neid kastetakse 2 kuni 3% -lise keedusoola lahusega. Merede ääres ja soolasteppides suudavad ainult vähesed taimed kasvada: soolarikkuse tagajärjel on taimerakkudesse sisseimemine väga raskendatud (osmoos!). Seepärast on soolataimel üldiselt kuivikutaimel iseloom: paksud lehed või varred, lehed väikesed, terveäärsed, taimed ise võrdlemisi väikesed, madalad.

Soolataimed võivad kasvada ka soolavaesel maapinnal, kus nad moodustavad õhemate lehtedega vormid.

Valgus. Väga varjulisil kohil (tihe metsa-alune, koopad jne.) on vähe taimi. Seal esinevad peajasjalikult bakterid ja seened. Samuti puuduvad sügavas vees taimed, kes suudaksid süsihapet sarnastada. Ainult väga selge veega järves leiduvad mõned rohelised taimed (samblad, vetikad) 30 kuni 60 m sügavuses. Ent 100 meetri sügavuses on juba niivõrt pime, et seal ükski roheline taim ei kasva. Metsas kasvavad taimed on kohastunud varjus kasvamisega. Neil on õhuke ja suur lehepind (ülane, jänese kapsas, ussilakk, sõnajalad jne.). Niipea kui mets ära raiutakse, kuivavad nad, sest nende õrnad lehed ei ole kohastunud elamisega suures valguses.

Nagu rohttaimed, nii erinevad ka puud üksteisest valgusenõudlikkuse suhtes. Mänd, kask ja haab tarvitsevad suurt valgust, mispärast nad ei kasva metsa all. Kuusk ja lõhmus suudavad kasvada isegi kaudis varjulises metsas. Väga valgusenõudlikud puud omavad hõreda võra ja lehestiku, varjukannatajail on aga oksad ja lehestik tihedad. Väike valgusenõudlikkus lubab kuuskedel metsade all kasvama hakata. Et aga mänd, kask ja haab ei suuda metsavarjus kasvada, siis tekib neisse metsadesse rohkem ja rohkem kuuski, kuni nad valgusenõudlikud puud hoopis välja tõrjuvad.

Taimevööd. Valgus ja eriti soojus on tegurid, mille mõjul taimed asetsevad maakera pinnal suurte erinevate vöödena. Ekvatoriaalses ehk troopikavöös on kõige suurem soojus ja valgustus, mis edendavad süsihappe assimilatsiooni. Ning seal, kus pole veepuudust, areneb taimestik lopsakalt. Vihmarikkail kohil lokkavad igihaljad metsad. Valguse külluse tagajärjel võivad nad kujuneda läbipääsmatuiks tihnikuiks. Väändkasvud keerduvad puude ümber, okstel ja tüvedel kasvavad epifüüdid (74. joon.) või parasiidid. Parasvöös on soojus ja valgus vähem ja ka taimestik vaesem. Igihaljaid taimi on võrdlemisi vähe, lehtpuud on enamasti suvehaljajad. Põhja pool on valitsemas okasmetsad. Polaarses ehk nabamaade vöös on taimestik vormidevaene, sest pikk ja külm tali ning jahe suvi ei soodusta taimede elu. Päike soendab maad nii vähe, et ta ainult pinnaosas ära sulab. Metsad seal ei kasva; esinevad kääbuspõõsad (sinikad, kukemarjad, pohlad, leesikad, pajud), jändrikulised ehk jässakad puud (kadakad, kased), madalad rohttaimed (kõrrelised jt.), samblad ja samblikud.

Kõrgus merepinnast mõjutab taimede asetsemist, sest kõrgemal on temperatuur madalam ja valgustus intensiivsem. Mida kõrgemal

mäestik, seda enam on taimestikul polaarmaade ilme. Hoopis kõrgel, ülalpool mäemetsi asetsevad niidud ja viimaks lumeväljad. Kõrgel moodustavad taimed tihedad kogud, „muru“, mis kaitseb liiga suure auramise eest (tuuled!). Alpitaimed on üldse väikesed, põõsad jändrikulised.

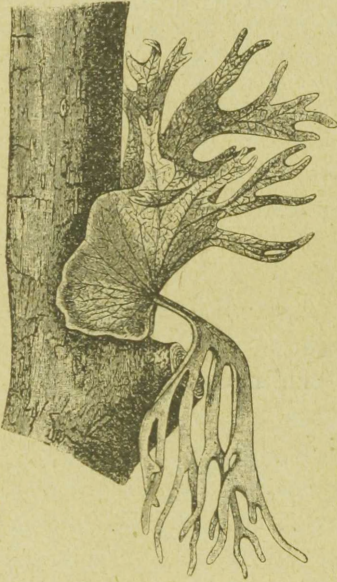
Toit. Loomade asetsemine maapinnal oleneb peaasjalikult toidust. On loomil küllalt toitu saadaval, siis sigivad nad rohkesti olgu troopikas või polaarail. Nii kihab polaarvöö meres ja mererannal elu. Rohurikkad stepid jne. võimaldavad elu

paljudele kabjalisile, närijaile ja kiskjaile. Seemned, puuvili ja rohi on mitmesuguseile metsloomile elutingimuseks.

Vesi. Vihmakehvuil kohil on elu vaene. Taimede esinemine oleneb väga palju veehulgast, mis sel või teisel maal saadaval (v. muldkond). Kaudselt mõjub see loomisse.

Paljud loomad, kes elavad väga kuival maa-alal, jäävad kaitseks ära kuivamise eest suveunne. Ämblikuadsed, putukad, molluskid, kopskalad, kahepaiksed ja roomajad (krokodillid) ületavad kuiva aasta-aja suveunes. Limused nõristavad lima, mis ära kuivades moodustab kojale „kaane“. Kõrveteod suudavad sedaviisi isegi neli aastat elus püsida. Koguni püsi-soojaste seas esineb suveuni (Mada-

74. joon. Epifüüt-sõnajalg (*Platyserium grande*), vähendatud.



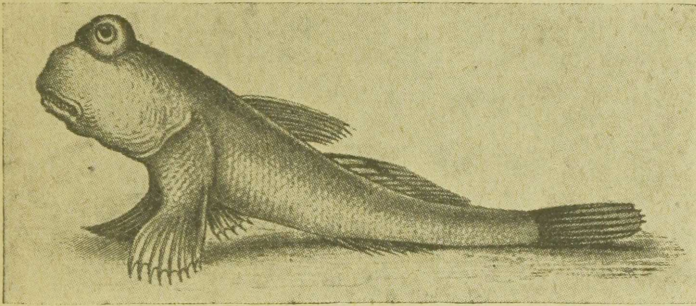
gaskari saare siilitaoline loom *Centetes ecaudatus*).

Vees on elutingimused hoopis isesugused. Liikumisvõimalused, toitumisolud, valgustus ja temperatuur on erinevad maismaa omist. Temperatuuri kõikumised on vees märksa vähemad kui maismaal ning veekogu külmub põhjamaail ainult pealt kinni. Hapnik on vees lahustunud olekus. Kõik need iseärasused loovad tingimuste kogu, milles suudavad ainult vastaval viisil kohastunud organismid elada. Peale selle loob merevee soolasisaldis veel erilised tingimused. Seejärel on merevete ja maismaa vete flora ja fauna erinev. Vees liikumiseks on loomil enamasti mõlalaadsed jäsemed või saba; süstikulaadne keha lõikab kergesti veest läbi. Erilist tähelepanu vääriavad kalad, kes suudavad ka

kuival osavasti liikuda. *Periophthalmus* ronibki, kusjuures ta tarvitab uimeid otsekui jalgu (75. joon.). Saagil käib ta enamasti kuival ja on seega eluviisilt kahepaikse sarnane.

Vees kasvavad taimedki peavad olema kohastunud hoopis isesuguste tingimustega. Täiesti vee all kasvavad taimed ei suuda juurtega nii toiteolluseid ammutada, nagu maismaa taimed (puudub auramine!), vaid seda ülesannet täidab kogu taime pind. Vee õistaimede varred ja lehed on painduvad ja venivad, nii et neid veevool ega lainetus ei murra. Sagedasti on nende lehed peenelt jaotatud, nii et tekib suur pind, mis edendab gaaside vahetust (vesikuused, vesitulikas jt.). Ujuvate lehtedega taimil on lehis ja vartes rohkesti õhukambreid.

Et vees väikesed kübemekesed üldse kergesti heljuvad, siis on ka



75. joon. *Periophthalmus* mõõna ajal mudal hüppamas.

väikesil organismel loodud võimalus viibida vee ülemises kihes. Ränivetikad (diatomeed), sinirohelised ja rohelised vetikad esinevad sagedasti väga suurel arvul veekogudes (plankton), andes veele rohelise või teise värvi.

Muldkond. Harilikult koosneb muldkond kindelkehade tükikesist, mille vahel õhk ja vesi. Roiskuvad taimede ja loomade jäänused kujundavad huumuse.

Kõige pealt peab muldkond sisaldama kõik taime-eluks tarvilikud mineraalolused lahustataval kujul. Kasvamine on takistatud, kui üht ainustki mineraalolust on mullas liig vähe. Viljasaagi suuruse määrab see mineraalosis, mis esineb mullas miinimumina (miinimumiseadus). Erinevate liikide nõudlikkus teatavate mineraaloluste suhtes on mitmesugune. Lubjarikkal muldkonnal ei kasva kanarbik, väike oblikas ja iseäranis soosammal (*Sphagnum*). Esinevad rohkesti seal ristikkeinad, koldrohi, paiseleht, huulõielised ja käpalised. Prügihunnikul, aedade

ääres ja üldse hästi väetatud kohil, kus leidub rohkesti lämmastikhappeühendeid, kasvavad nõgesed, koerapöörirohi, maltsad, verehurmarohi ja ristõielised. Üldiselt suudab siiski teatav taim kaunis mitmesuguseis muldkonnis kasvada. Harilikult on teatav liik sel või teisel maa-alal valitsemas seepärast, et ta ses muldkonnas paremini kasvab ja teised välja tõrjub (varjab). — Puhas liiv ja savi ei sisalda toiteolluseid. Segus teiste mineraalidega (lubi, põllupagu, vilgukivi) ja huumusega on nad kõlvulised taimekasvule. Huumus on rikas taimile tarvikest lämmastikuühendeist ja ta edendab raskesti lahustuvate toitesoolade lahustumist, tõstes seega muldkonna toiteväärtust.

Väga tähtsad on muldkonna füüsikalised omadused. Juurte kasvamise ja mulla õhuvahetuse hõlbustamiseks peab muldkond küllalt kohev olema: juurile on õhk tingimata tarvilik. Niiskes mullas, kus õhuvahetus väga puudulik, tekib isesugune käärimine, mille tagajärjel tekib humiinhappeid. Säärases mullas suudavad ainult teatavad taimed kasvada. Humiinhapete tekkimist edendavad taimed, kes moodustavad väga tiheda vildise juurestiku (kanarbik, mustikas ja ka sambalad). See vildine, taimesist kujunenud niiskuserikas kiht takistab õhuvahetust. Säärane hapu reaktsiooniga „turvas“ (kus puuduvad liimukad), takistab tublisti juurte sisseimemis-tegevust. Suur niiskus ja rohke seisev aluspinna vesi edendab soostumist. Teiselt poolt takistab elutegevust suur kuivus. Liivane muldkond laseb maapinnale sadanud vee kergesti sügavamale, huumusesse tungib vesi raskemini sisse ja savi on peaaegu läbilaskmatu. Liivasse jääb vähe vett peatuma, rohkem niiskust püsib savikübemekeste vahel ja kõige enam huumuses. Taimede kasvule on tähtis ka aluspinna vee soodus kõrgus ja liikuvus. Veepuuduse korral, näit. põuasel suvel, surevad kuivalt välja taimed, kes ei ole kohastunud seal kasvamisega.

Tähtis on ka muldkonna temperatuur. Jahedas mullas on vee sisseimemine (ühes sellega mineraalolluste vastuvõte) väike (füsioloogiline kuivus). Taim võib veerikas mullas närtsida, kui ta temperatuur allpool teatavat määra. Vähe soeneb väga niiske ja vähe soojust juhtiv muldkond (turvas!). Soo muldkond on jahe. Ka savi on jahe. Liiv soeneb kangesti ja kaotab palju vett.

Muldkond ja taimeühingud. Vähemail maa-aladel (vastandina taimevöödele) oleneb taimede asetsemine muldkonna füüsikalisest ja keemilisest omadusist. Olgugi et kliima säärasel alal ühesugune, on märgata taimestiku asetsemises suurt erinevust. Kohati esineb niit, mets, soojne. Taimed, kes omavad erilise iseloomulise ilme ehk välimuse,

moodustavad taimestu (formatsiooni). Tähtsamad taimestud on metsad, rohu- (niidud, stepid jt.), sambla-, veetaimestud ja kõrved. Sagedasti kasvavad erinevate taimestute esindajad koos ühel muldkonnal (näit. metsas ka rohi). Taimestu on oma koosseisult mitmesugune (mets näiteks — kuuse-, männi-, kasemets).

Metsad. Kuival liival kasvab sagedasti männimets. Mänd suudab kuival kasvada: ta rohkearvulised juured tungivad sügavale maa sisse, ta okkad on niiviisi ehitatud, et neilt on auramine väike ja ta suudab vähese toitesoolade hulgaga leppida (okkad vaesed sooladest). Kuiva männimetsa all on kasvamas samblikud (põdrasamblik, islandi samblik jt.). Vähe niiskemal kohil kasvab juba sammal, kuhu niiskuse suurenedes hakkab seltsima kuusk. On liivane muld toitvam, siis kasvab männimetsa all rohi. Toitvamas muldkonnas on kuusk männile suureks võistlejaks. Säärases männimetsas näeme väga sagedasti noori kuuski alusmetsas, kes kasvavad mändide varjus küllalt hästi. Nad sirguvad suureks ja tõrjuvad pikapeale männid välja. Nad varjavad mände, ei lase noori valgusenõudlikke mände metsa all kasvama hakata, vaid pääsevad seal ise järk-järgult valitsevale kohale. Ka kask suudab kasvada lahjas muldkonnas. Heal muldkonnal leidub harva männimets, sest seal võistlevad juba noorte mändidega õige edukalt kiiresti kasvavad lehtpuud ja kuusk. Nii ei suuda mänd heas muldkonnas kehtvalt võistelda kuuskedega. Ent lahjas muldkonnas võib mänd ja ka kask vabalt kasvada, sest seal pole neil kardetavaid võistlejaid.

Metsaaluse taimestiku rohkus oleneb muldkonna koostusest, niiskusest ja valgustusest, mis läbi puuvõrde tungib. Ta moodustab kõrguse järele kas ühe ainsa astme ehk rinde (näit. samblikud või sammal männimetsas) või aga kaks, kolm. Nii näiteks võib männimetsas esineda 2. rindena kadakas ja kuusk, madalamal neist 3. rindena kanarbik, mustikas, sinikas ehk joovikas, pohl, kukemari, lõpuks moodustavad 4. rinde samblad ja samblikud.

Raiutakse mets maha, siis tekivad endise metsa kohale kiiresti teised taimed ja endised surevad välja, sest nende suured ja õrnad lehed ei suuda suurt valgustust välja kannatada. Sellest näeme, et metsas on taimede elu üksteisega seotud: metsa-aluseile taimile on puude vari tarvilik. Peale selle olenevad ka puud üksteisest. Tihedast noorest tihnikust jäävad kasvama vähesed, need, kes kõige kiiremini kasvavad. Puude võistlemine üksteisega valguse pärast on asjaolu, mille mõjul metsa puud teise kaju omandavad kui üksikult kasvav puu. Metsapuud on sirge, pikk, alt laasunud, üksiklane puu aga jäme, lühike,

sagedasti kõver, pikkade okstega, üldse laia ja madalale ulatuva võraga.

Ala, kus teatavad organismid sõltuvad üksteisest, moodustab ühingu (biotsönoosi). Mets on taimeühing.

Rohutaimestud. Niidutaimed olenevad samuti üksteisest (ühing). Nemadki on üheskoos kasvamisel sirgemad ja pikemad kui üksikult. Niidulgi hävivad alumised taimed, kui pealmised väga tihedaks kasvavad. Niit võib oma taimestiku pooldest olla väga mitmesugune. Sagedasti esineb niit, mille esimese rinde moodustavad kõrged rohttaimed (kerahein, aruhein, värihein, timut jt.). Teises rindes, madalamal kasvavad robiheinad, kortsleht, ristikkein, harilik käbihein jt. Kõige all kasvavad veel samblad, kui pealmised rinded liialt tihedad ei ole. Säärane rinnetena kasvamine on ka niidul võimalik seepärast, et madalamal kasvavad taimed on vähem valgusenõudlikud.

Niidu iseloom oleneb väga suuresti niiskusest. Kuival asetseb hoopis teine taimestik kui niiskeil kohil. Sooniidul kasvavad iseäranis rohkesti tarnad, esinevad ka jäneslilled, ojamõõl, soopihl. Kuivemal niidul on valitsemas kõrrelised (kastevarred, nurmikud, kasteheinad, aruheinad, rebasesabad, maarjahein), tuliõlised jt. Kuival liival kasvavad väikeste, vildiste või paksude lehtedega taimed (kassikäpp, kanarvik, kukehari). — Niitudel, millelt heina niidetakse, ei saa harilikult seemned valmida ja seal kasvavad vegetatiivselt ehk sugutul viisil sigivad taimed (juurikad!). Suurte mandrite siseosades, kus sademeid ajuti vähe, esinevad suured rohutaimestuga maa-alad, nagu stepid, preeriad jt. Rohtlaante taimede elu soigub peale talve ka suve põuaajaks.

Kõrved. Pöörijoonte maa-aladel, kus sademete hulk väga väike (alla 25 sm aasta kohta) asetsevad kõrved. Saahara sademetehulka hinnatakse 15 sm peale; kohati tuleb kõrves sademeid ainult mõni mm. Taimed asetsevad seal üksikult, sagedasti kaugel üksteisest, nii et kaetud maad on vähem kui katmatut. Suured alad on hoopis taimestikuta. Kõrvetaimed on käabuselised, jändrikulised, kuivikutaimede iseloomuga. Paksulehelised, kaktuselised, piimalillelised, aaloe ehk karusapp ja rohtkasvud on iseloomulised kõrvetaimed. Üldiselt on kõrves rohkesti paksude lehtedega või vartega taimi, millel paks marrask. Astlalisil kõrvepõõsail on lehed arenematud. Suur vee-tagavara (lehes, varres) või väikesed viltjad lehed, need on abinõud, millega kõrvetaimed kuivusele vastu seisavad. Paljud kasvavad ainult vihma-ajajärgul, paari kuu jooksul, kiiresti õitsedes ja vilja kandes (liilialised, võhumõõgalised, jänese-kapsalised jt.). Kõrve kõrreliste lehed on lühikesed, mahlavaesed ja

keerdunud. Kohil, kus vett leidub, lobbab kõrves rikkalik taimestik (oaasid, kuivad jõeorud, jõeääred).

Taimestud ja loomad. Loomade asetsemine maakeral on kõige ligemalt seotud taimedega (toit!) Metsas on loomil teised toitumistingimused, peite- ja liikumisvõimalused, kui niidul või kõrves. Puude otsas elavate loomade (ahvid, ilves, metskass, nugis, orav, kameeleon, papagoid jt.) jäsemed on kohastunud haaramise ja ronimisega. Ka saba (ahvid) ja nokka (papagoid) tarvitatakse haaramiseks. Puude seemned ja viljad annavad paljudele loomadele toitu. Puu koore all ja puu sees elavad mardikate (kooreürasklased, sipelgmardikad, siklased) ja puuvaablaste tõugud.

Rohttaimestuil elavad peaaesjalikult kabjalised (antiloobid, mets-eeslid, metshobused, seebrad, pühvlid, kangurud jt.) ja närijad (hamster, hüpphiired jt.) Rohusööjaist elatavad endid hundid, häänid, lõvid.

Körves esinevad paljud rohtlaante loomad, kui seal toit saadaval. Kõrves on rohkesti mitmesuguseid sisalikke.

Taimede levimine. Taimede asetused maakera pinnal ei olene üksnes kliimast ja muldkonnast. Taimestik erineb samaski kliimavöös oma esindajate suhtes, kui need maa-alad on üksteisest eraldatud merede või mägede varal. Nii näiteks erinevad Lõuna-Aafrika, Austraalia ja L.-Ameerika taimestikud üksteisest märgatavalt. Säärane eraldatud maa-alade taimestikkude erinevus tuleb sellest, et taimed ei suuda ühelt eraldatud maa-alalt teisele levida.

Levimisviisid on mitmekesised. Juurikad kasvavad mööda maa-alust edasi, ent niiviisi on levimine muidugi väga aeglane. Paljude taimede seemned pillab tuul eemale maha. Lennukatega ja karvakestega varustatud seemneid kannab tuul palju maad emataimest eemale. Veelinnud kannavad oma jalgadel veetaimede seemneid. Linnud söövad marju, mille seemned kuskil eemal vigastamata ühes väljaheitega maapinnale langevad. Tuule, lindude, merevooluste kaudu levimine on kõige mõjusam. Neil teil suudavad taimed aegade jooksul tungida kaugele eemale oma esialgsest asukohast. Inimene etendab taimede levitamisel tähtsat osa (raudteede, laevade, reisijate kaudu).

Väga mõjusaks tõkkeks taimede levimisele on suured veekogud — ookeanid. Ainult vähesed taimed võivad levida merevooluste kaudu (kasvamis- või idanemisvõime ei hävi). Sellest tulebki, et saaril esineb sagedasti mandrist erinev taimestik. Osal saaril (ookeanisaaril) esinevad ainult vormid, mille seemned sinna kantud merevooluseist, lindudest, tuulest või inimesest. Saared, mis uuesti tekkinud või kust elu vulkaani

tegevuse tagajärjel hukkunud, kattuvad kiiresti taimestikuga, mis järkjärgult rikastub uute juurdetulijatega.

Metsad takistavad taimede levimist. Tähtsaks levimistõkkeiks on ka mäed ja kõrved. Neis on niivõrt iseäraline kliima, et taimed ei suuda sealt samm-sammult läbi tungida. Seepärast võivad mäestiku erikülgedel erinevad taimestikud asetseda. Üldse paneb erinev kliima ja muldkond sagedasti piiri levimisele. Sagedasti ei esine antud liik väljaspool teatavat piirkonda (areaali), ehk küll pole otse märgatavat tõket levimisele. Säärasel juhul ongi ta levimisele piirid seadnud kliima ja muldkonna tingimused.

Loomade levimine. Loomil ei ole levimisel kliima nii suure tähtsusega kui taimil. Väga paljud loomad suudavad elada niühasti soojas kui ka jahedas kliimas. Euroopa looma-aedades elavad ja sigivad paljud troopika loomad (papagoid, kiskjad). Tiiger esineb soojas Indias, kui ka Aasia lumiseil kõrgendikel ja Siberiski. Ahvid elavad troopika metsades ja ka lumiseis Põhja-Hiina kõrgendikumetsades. — Aktiivse liikumisvõime tõttu levivad loomad kaunis kiiresti. Imetajad võivad üldiselt kergesti levida. Ainult puiel elamisega kohastunud vormid (paljud ahvid, laiskelajas jt.) ei suuda lagendikest üle rännata. Mõned maismaa imetajad ujuvad hästi (sead, põdrad, mõned närijad), nii et nad pääsevad saarile, mis isegi 30 kuni 40 km kaldast eemal. Linnud võivad kiiresti levida. Roomajate levimisvõime on vähem kui imetajail (välja arvatud ujuvad vormid). Võrdlemisi väike on kahepaiksete levimisvõime. Kõrvist nad läbi ei pääse, sest nende elu on veega seotud. Kalade levimisvõime on suur. Tõkkeiks on toitumistingimused ja temperatuur. Hästi lendavad putukad võivad kergesti levida, kuna halvemini lendavad (prussaklased, ritsikad jt.) on aeglasemad. Kõrged mäestikud ja ookeanid takistavad levimist mõjusalt.

Suuril jõgedel kujunevad puiest ja mullast „saared“, mis kannavad taimi ja loomi. Sääraseid isegi ahvidega, kiskjatega ja oravatega „saari“ on leitud kuni 200 km eemal Amatsooni suudmest. Kanged tuuled kannavad enesega sagedasti kaasa õhuloomi (linde, putukaid, ämblikke ühes võrguga) ja ainuraksete tsüste. Kahepaiksete kudu (mune) ja pisikesi limuseid kannavad linnud oma jalgade küljes edasi. Inimene veab enesega kaasa väikesi imetajaid (kodujänas, rott, hiir).

Vulkaanide tegevusel saarelt hävivate loomade asemele tekib juba mõne aasta pärast rikkalik loomastik (ühes taimestikuga). Sääraseil saaril leidub vähemaid lendavaid (linnud, putukad) ja kergesti kaasakantavaid vorme. Vaikses ookeanis tekkinud korallisaaril, mis sagedasti

õige suured, puuduvad suuremad imetajad (on nahkhiiri, hiiri, rotte). Roomajaid ookeanisaaril ei ole.

Floora- ja faunaregioonid. Maa-ala, mille taimestik ja loomastikus rida iseloomulisi esindajaid, eraldatakse iseäraliseks floora- või faunaregiooniks.

Austraalia regioon: Austraalia, Uus Guinea, Uus Meremaa ja Polüneesia saared. Iseloomulisemad loomad on seal kloaagilised (nokkelajas, sipelgasiil) ja kukrulisid. Peale kangurute (rohusööjad) on seal olemas roti-, muti-, määra-, kärbi- ja hundilaadseid kukrulisi. Mõned neist kukrulisist on varustatud lennunaahaga. Kõrgemaist imetajaist esinevad nahkhiired, väikesed närjad ja üks ainus päris kiskja — dingo (metsik koer). Lindudest on iseloomulised kaasuarid (Austraalia), kiivid (Uus Meremaa), paradiisilinnud, papagoid. Puuduvad rahnad, päris kanalased.

Taimist on valitseval kohal eukalüptusepuu (metsad). Leidub kasuariine.

Lõuna-Ameerika regioon (Neogea): Lõuna ja Kesk-Ameerika. Hulga liikidena esinevad laiskjalglased (-elajad), sipelgtoitlased (-elajad), vöölad (vööelajad). Kukkurloomist on leida ainult kukkurrotte. Esinevad küüs- ja mitmekesised laianinalised ahvid, sõralisist ja kabjalisist — laama, alpaka, pekari ja iseäralised põdrad. Iseloomulisemad linnud on koolibrid, kondorilised ja papagoid.

Põhjamandrid ühes Aafrikaga (Arctogea). Põhjamandrid on kõik üksteisega ühenduses seisnud, mispärast neil leidub hulk ühiseid püsisoojaseid loomi. Nii elavad karud, nugis, ilvesed, põdrad, metssõnn Euroopa-Aasia ehk Euraasia kui ka Põhja-Ameerika mandril; samuti ahasninalised ahvid, ninasarvikud, elevandid niihästi Indias kui ka Aafrikas.

a) **Holarктиiline regioon:** Euroopa, Põhja-Aafrika, Aasia (kuni Himaalaja ja Jangtsekiangini), Põhja-Ameerika. Polaarmail elavad jääkaru, jäärebane, põhjapõder, vaalad, hülged, muskushärg; parasvöös tuntud kiskjad, sõralised, närjad ja teisi imetajaid.

b) **Etiopia regioon:** Aafrika (lõuna poole Saaharast) ja Madagaskar. Iseloomulised loomad: ahvid (gorilla, šimpanse), elevand, jõehobu, ninasarvik, kaelkirjak, seebra, antiloobid, lõvi, hüpphiired; jaanalind, pärlikanad, kangurlinnud jt. Madagaskaril puuduvad kõik suuremad, loendatud imetajad, esinevad aga putuktoidulised (okasmuttelased) ja väga mitmekesised poolahvid (leemurilised). — Iseäralisist tai-

mist on tuttavamad datlipalm, õlipalm, pandanid, baobab, reisijatepuu (Madagaskaril).

c) India regioon: India poolsaared, Lõuna-Hiina, Malai saarestik. Esinevad ahasninalised ahvid (orang-utan, gibbon jt.), leemurid, tiiger, panter, elevant, ninasarvik, veised, antiloobid. Jaanalind ja pärikanad puuduvad.

— Eriliseks regiooniks eraldatakse ka antarktis, lõuna-nabamaad. Väga iseloomulisi loomist esinevad seal merelõvid ja pingviinid.

C. Biotsed elutingimused. *reehule*

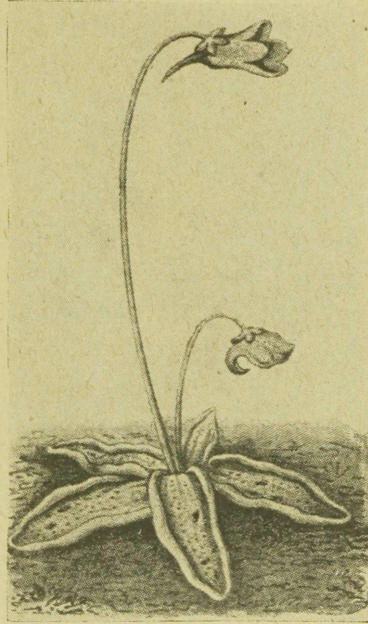
Taimede biotsed elutingimused. Loomad ja taimed on üksteisega tuhandete niitidega seotud. Ühed organismid on teisile elutingimuseks. Elusolevuste üksteisest olenevust nimetataksegi biotseiks elutingimuseks. — Taimile, kes ei suuda iseseisvalt orgaanilisi olluseid valmistada, on teised elusolevused elutingimuseks (toit!). Bakterid ja seened elavad peaaesjalikult roiskuvaist taimede või loomade jäänuseist (saprofüüdid, mädarikud). Taimparasiitidel on tarvilikud peremees-taimed või loomad, kellelt nad toitu ammutavad. Kardetavamad taimede parasiidid on seened, mis sünnitavad kõiksuguseid taimehaigusi. Kartuliseen, viljarooste, jahukaste, tungal, nõgipea, puuvilja vähiseened jt. teevad kultuurtaimile suurt kahju. Õistaimedki parasiteerivad. Osalt on parasiitsed õistaimed rohelistele lehtedega (robihein, silmarohi, härghein, kuuskjalg) ning suudavad seepärast ka orgaanilisi ühendeid valmistada (poolparasiidid). Osa parasiite on hoopis ilma leheroheliseta; need ammutavad kogu tarvismineva toidu peremees-taimelt (käopäkk, soomukad, võrmid).

Loomadki edendavad taimede elu. Loomade (ka seente ja bakterite) elutegevusel lammutatakse keerulisemad ollused lihtsamaiks, difundeeruvaiks ehk seitivaiks: süsihapi- ja süsihappesooladeks, mida suudab roheline taim kasustada. Taim killustab süsihapi gaasi ja valmistab energiarikkad orgaanilised ühendid, loom aga lammutab need ja sünnitab taimile tarvilikud ühendid. Seega on loomad ja bakterid kasulikud rohelistele taimedele olemasolule. Kumbki neist moodustab ühe tarviliku ringipool, ollustevahetuse mõttes: üks ehitab, teine lammutab. — Hulk baktereid leiab elamisvõimalusi loomade sooltes või kudedes. Viimasel korral sünnitavad nad haigusi (parasiidid). Loomad on kasulikud ka taimede sigimisel. Putukad ja koolibrid kannavad õietolmu õielt õiele, eden-

dades risttolmumist. Risttolmumine aga on kasulik elujõuliste järglaste tekkimiseks, ja putuktolmumise korral pole tarvis palju õietolmu valmistada. Loomad levitavad ka taimede seemneid. — Peale selle on

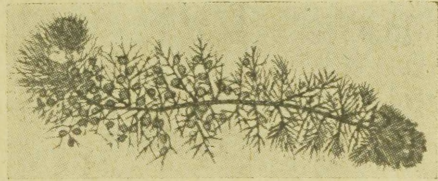


76. joon. Huulhein.



77. joon. Võipätakas.

veel umbes 400 liiki taimi, kes loomi otseselt toiduks tarvitavad. Kodumaa taimestik on lihasõjaist taimist leida huulheinad (76. joon.), võipätakas (77. joon.) ja vesiherned (78. joon.). Troopika metsades on harilikud kann-



78. joon. Vesihernes.

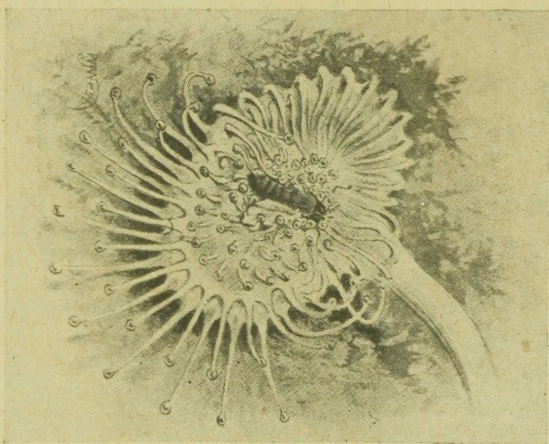
põõsalised, kelle kannudesse putukad satuvad, kus nad lahustuvad ja sisse imetakse. Huulhein püüab saaki lehel asetsevate ripsmete abil, mis putuka peale painduvad (79. joon.). Ripsme otsa küljes on liimine, pihkane vedelik, mis putuka kinni peab. Saak seeditakse lehest nõrgunud mahla abil. Võipätakal on samuti liimiv ja see-

dimisvedelik, mis tekivad erilisis rakes. Vesihennel satub saak erilisse põiekesse.

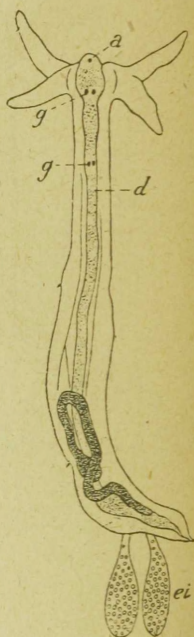
Kultuurtaimede sigimist ja kasvamist edendab inimene (põldude harimine, umbrohu ja taimevaenlaste hävitamine).

Loomade biotsed elutingimused. Loomad söövad taimede lehti, seemneid, vilja, koort, juurikaid, õiemett ja õietolmu, taimemahla (lehetäid). Paljud veeloomad toituvad veetaimedega (putukad, teod, mõned kalad) ja vetikatega. Planktoni vetikad ja loomad on toiduks hulgale loomile. Taimesööjad loomad on toiduks kõiksuguseile lihasööjaile ehk röövloomile. Röövloomi on kõigi loomaklasside seas. Nendegi elu ei ole mõeldav ilma taimita (mispärast?). Taimed on seega kõigile loomile elutingimuseks.

Kiskjad ei lase rohusööjaid liialt suurel



79. joon. Huulheina lehe ripsmed putuka peale paindunud.



80. joon. Kalal parasiteeriv aerjalaline vähk (*Lernaecera esocina*). a — silm, g — rudimentsed jäsemed, d — sool, ei — munakogud.

hulgal sigida, mis võiks taimestikule hädaohuks muutuda. Kiskjad ja ka parasiidid loovad looduses teatava tasakaalu, s. o. olukorra, millel võivad olemasolevad taimede ja loomade liigid ligikaudu muutumatul arvul püsida.

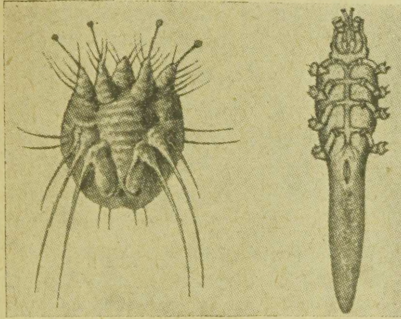
Kiskjate ja pärisparasiitide vahelmised organismid (välised parasiidid) on vereimejad (kaan, sääsed, parmud, kirbud, lutikad, täid, puuk).

Parasitism ehk söödiklus. Selgrootute seas on rohkesti

parasiite. Paljud ainuraksed (amööbid, eosloomad, keerdviburlased) ja ussid (paellussilised, solge, maksakaan, niituss, trihiin ehk keeritsuss) on lindudele ja imetajaile kardetavad parasiidid. Kaladel parasiteerivad väga sagedasti paljud madalamad vähid (aerjalalised, 80. joon.). Ämbli- kulaadseist parasiteerivad süüdiklased (81. joon.) ja vagel-lestad (82. joon.)

Putukaist parasiteerivad kiinide tõugud imetajais (83. joon.), kägu- vaablase tõugud liblikate röövikuis (84. joon.). Parasiite on üldse kau- nis rohkesti ja nad esinevad kõiksuguseis organeis ja loomis.

Parasiiti- del on mee- le- ja liiku- misorga- nid arene- matud. Aer- jalalised vä- hid, kelle esi- najad omavad



81. joon.
Süüdiklane.

82. joon.
Vagel-lest.



83. joon. Hobu-
separmu tõuk.

vabadena silmad

ja hästi arenenud liikumisorganid (süüdiklane), on parasiidina silmita ja jäsemeita. Sama lugu on parasiit- ussega. Et parasiitide munade sat- tumine peremehesse oleneb väga juhuseist, siis tekib liigi alalhoid- mise kindlustuseks väga palju muna- rakke. Parasiididel toimub sagedasti peremeeste vahetus (paeluss, trihiin). Vahepealseks peremeheks on taim- toitlane loom, pea-peremeheks kiskja, kusjuures kiskja esimest enesele saagiks murrab.

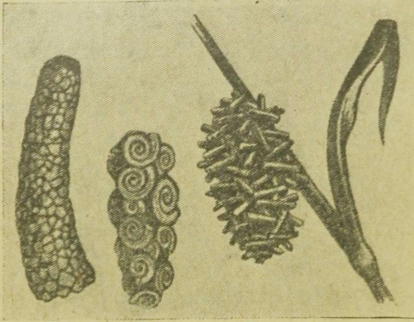


84. joon. Käguvaablane (*Micro- gaster*). Parasiteerib kapsaliblika röövikul (näha tõugud, nukud ja täielik putukas).

Omakaitse abinõud taimeriigis. Kaitseks loomade vastu on taimed kaitseva- henditega varustatud. Puud on kaetud koorega, mis katab ja ka kaitseb pehmemaid ja arenevaid kudesid. Astlad, ogad ja kõrvekarvad kaitsevad lehti, õisi ja oksid ära- söömise eest. Osalt asetsevad pisteriistad lehil (ohakad, karuohakad), osalt oksil (lau- kapuu jt.). Kõrvekarvade sisemuses peitub kõrvetav mahl (sipelghape). Väga paljud taimed sisaldavad olluseid, mille maitse või hais loomi eemale peletab. Maitsmismeele peale mõjuvad mõruollused (emajuured, sõnajalad), parkhapped (kased, lepad, tammed), oblikhape (oblikad), mürgised alkaloidid (tulikad, magun, tubakas, koerapööriroh, sur-

maputked) või piimahl (piimalilled). Haistmismeele kaudu peletavad loomi eemale koerapöörrohi, sibul, küüslauk, apteegitill, liivatee jt.

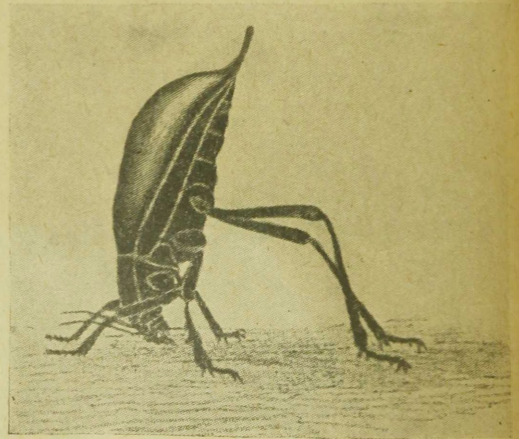
Loomade enesekaitse-abinõud. Kaitsevärvi ja kaitsekuju on abinõuks, mis võimaldavad kergemini röövloomade eest kaitset leida. Väga sagedasti põgenetakse vaenlase eest, milleks on kujunenud kiire liikumisvõime (jooksmine, hüppamine, lendamine).



85. joon. Puruvanalaste kojad (liivast, teokarpidest, varretükkidest).

Rida loomi poevad varjulisse kohtadesse (kivide, sambla, puukoore alla, koopäisse). Mere rõngussid valmistavad kaitseks torud, puruvanalased — taimeosakesist, liivaterist või teokarpidest kaasaskantava koja (85. joon.). Erakvähk poeb limuste karpi. Krabilised katavad oma selja vesitaimiga, käsnuga, hüdralisiga). Vahusülgaja (putukas) on peidetud oma vahusse.

Ka siis, kui röövloom oma saagi üles leidnud, on saagiloomil veel rida kaitsevahendeid. Paha maitse ja vina (hais) peletab röövlooma eemale. Paha maitsega on hulk liblikaid, lutikalisi, prussaklasi, raisamatjad, raisamardikad, lepatriinud jt. Hulkjalgsed, kärnkonnad, salamandrid, tuhkur mõjuvad kallaletungijaisse vinaliste (haisvate) ollustega. Paljud putukad, roomajad, linnud ja imetajad asuvad vaenlase kallaletungimise korral ähvardavasse seisangusse (86. joon.), teevad ähvardavaid liigutusi ja lasevad kuuldavale hirmutavat häält. Heaks kaitseks on ka koda, kilp või soomused. Neil viisil pääsevad hädaohust hüdralised, korallid, limused, mõned kalad, roomajad (kilpkonnad), vööelajad ja soomuselajad. On kõhupool vähem kaitstud, siis tõmbuvad loomad kerasse (siil, vööelajas, siilkakand, siilkalad, paljud okastega kaetud röövikud).



86. joon. Mardikas (*Blaps*) ähvardusseisangus.

Okkad on mõjusaks kaitsevahendiks (siil, okassiga). Mõned kalad kaitsevad endid elektrilöökidega. Mürgiriistuga on varustatud oõsloomad, mesilased, herilased, sipelgad, maod. Hammustamisorganidki on kaitsevahendeiks (mardikad, ritsikalised, imetajad). Mäletsejail ja ninasarvikuil on kaitseks sarved, hobune kaitseb end jalgadega.

Tingimuste muutused. Elusolevused muudavad ise oma elutegevusi.

sega elutingimusi. Järve või tiigi põhjas kasvavate taimede lehist ja vartest tekib muda. Veekogu jääb madalamaks, kus siis võivad teised taimed kasvada. Kohati kasvavad taimed järve pinnale (hõljuv kallas). Aegamööda kasvab järv või tiik hoopis kinni ja sinna ilmuvad täiesti teised taimed. Taimed muudavad muldkonda, kus nad kasvavad (huumuse tekkimine, soostumine tiheda taimejuurestiku mõjul).

Võtame heina ja paneme ta veega täidetud anumasse. Heinakõrred tursuvad, paljud rakud lõhkevad. Vette satub neist tärklisi ja valke. Läbi surnud rakuseinte diffundeeruvad suhkur, soolad ja mõned lämmastikuühendid. Kõik see on heaks toiduks bakteritele, ja tõepoolest sigib ses infusioonis palju baktereid. Mõne päeva pärast on neid seal lõpmata arvul. Infusioonis toimub roiskumine; ta haiseb. Infusiooni temperatuur tõuseb bakterite elutegevuse tagajärjel mõne kümnendiku kraadi võrra ümbritsevast õhust kõrgemale. Hapniku puudusel tõusevad paljud bakterid üles pinnale ja sünnitavad seal kihi — naha. Bakterite rohkus on kohaseks tingimuseks infusooride sigimisele ja varssi ilmub neid infusiooni õige suurel arvul. Infusoorid elatavad endid bakteerist. Viimaks lõpeb bakterite toidu-tagavara ja infusoorid saavad toidu puudusel otsa ehk entsüsteeruvad. Hiljemini ilmuvad infusiooni rohelised vetikad (*Protococcus* ja teised), kes hakkavad tegema ülesehitavat tööd, hakkavad orgaanilisi olluseid valmistama. Kaob roiskumine ja ühes sellega haismine. Vette ilmuvad veel rotatoorid, väikesed ussid ja juurjalgsed. Elutingimused muutusid. Nad muutusid organismide eneste tegevuse tagajärjel. Uutes elutingimustes hakkasid valitsema uued organismid.

Elu-ühiskonnad.

Erinevate liikide ühiskonnad. Nagu juba selgus, sõltuvad metsa ja niidu taimed üksteisest. Tiigis või järves olenevad organismid samuti üksteisest. Hävitatakse mõni organism säärasest piirkonnast, siis toimuvad muutused ka järelejäänud organismide vahekorris ja koosseisus. Samuti muutub koosseis, kui mõni uus liik juurde tuleb (ühing, biotsönoos).

Ent väga sagedasti astuvad taimed ja loomad isekeskis veel lähemasse vahekorda, kooselusse, kasustades teisi teatavaks otstarbeks, nagu kaitseks, liikumiseks, kinnitumiseks jne. Tigude, karpide ja vähkide peal elutsevad toru-ussid, sammalloomad ja hüdralaadsed. Mõned ripsloomad kinnituvad vesikirpudele. Vetikad kinnituvad limuste karpidele, vähkidele. On rida loomi, kes elavad üksteise kõrval, kusjuures sellest kasu saab üks pool (paröikia). Ketasmeduusilistega (eriti juursuulistega) üheskoos ujuvad mõned noored kalad, kes hädaohu korral meduusi kupli all kaitset leiavad. Korallkoolooniate vahel asetsevad ussid, vähid, limused, okasnahksed ja „korallikalake“. Korallide kõrvekapslid on neilegi kaitseks. Käsnade õõses peituvad ussid, vähid ja limused. Sagedasti elab üks harjasuss erakvähiga ühises kijas. Kajaka-

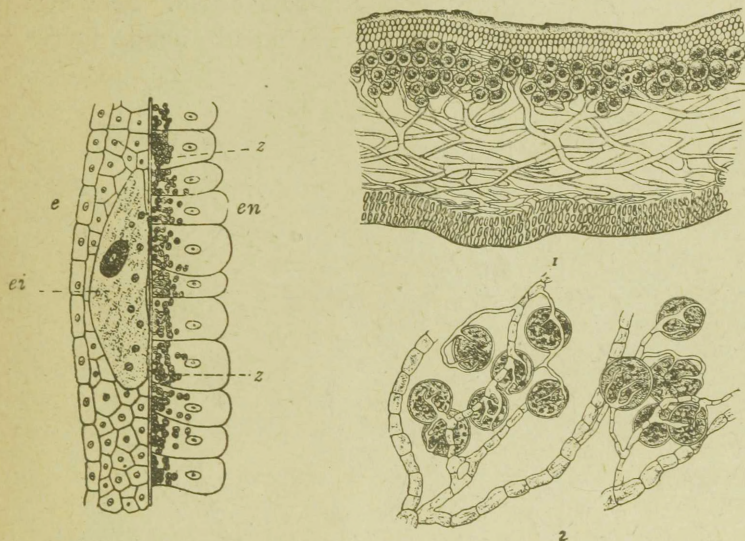
lised ja tormilind elavad Uuel Meremaal ühes suure sisalikuga. Silla-sisalik kaevab koopa, linnult langeb talle saagiks kalajäänuseid. Kaaskojalisus ehk sünöikia nähtus on lihtsamal kujul ühes ruumis elamine, kus ainult ühel poolel näib kasu olevat teise poole eluruumi tarvitamisest. Viimati kirjeldatud juhul on juba mõlemil kasu ühises ruumis elamisest. See on juba ülemineku-astmeks ühelt poolt sümbioosile, kus elavad paar või enam erilist liiki koos vastastikuse kasu põhimõttel, teiselt poolt ühislaudsusele ehk kommensalismile.

Kommensalism ehk ühislaudsuse korral elavad erilisist liigest loomad ühes ja tarvitavad ühiselt toitu, ilma et sest kummalegi poolele kahju oleks. Bakterid, kes jämesooles elavad, tarvitavad seal leiduvaid toiteolluseid. Nad ei sünnita harilikult kahju, vaid edendavad rohusööjail seedimist, lahustades tselluloosi ja tehes seega rakkude sisemuse looma seedimismahladele kättesaadavaks.

Sümbioos. Väga paljudel juhtudel elavad eriliste liikide esindajad üksteisega koos, kusjuures sest kooselust on mõlemaile poolile kasu. Säärast kooselu nimetatakse sümbioosiks ehk mutualismiks. Mitmesuguste madalamate loomade rakes elavad vetikad. Mõned amööbid, ripsloomad, käsnad, hüdrad (87. joon.), meduusid ja isegi ussid (*Convoluta*) sisaldavad ainurakseid rohelisi zooklorelle. Mereloomis on leida kollaseid või pruune ainurakseid vetikaid (zooksantelle). Vetikrakk eritab hapnikku, mis loomale tarvilik, loom eritab CO_2 , mis vetikale kasulik. Mineraalolluseid saab vetikrakk loomorganismilt, ent loom saab vetikalt ka orgaanilisi ühendeid. Rohelised amööbid suudavad aastate viisi koos vetikatega ilma toiduta elada, s. o. nad elavad ainult sellest toidust, mida nad saavad vetikrakelt.

Väga tähtsat osa etendavad taimede sümbioosi nähtused. Seen-üliidid ja vetikrakud moodustavad samblikud (88. joon.). Vetikrakk eritab hapnikku, mis seen-üliidile kasulik. Seen-üliit eritab vetikrakule tarvilikku CO_2 . Seen-üliidid kinnituvad aluspinnale (kivele, kaljule, korele, seintele) ja võtavad vastu vett ning mineraalolluseid, millest osa saavad ka vetikrakud. Seen-üliidide vahele põimitult ja nende varal aluspinnale kinnitatult on võimalik hulga vetikrakkude koospüsimine. Seen-üliidid kasustavad süsivesikuid ja vähemalt osalt ka vetikrakke enesele toiduks. Nii on säärasest kooselust kummalegi poolele kasu ja selle tagajärjel tekib väga eluvõimeline liitorganism — samblik, mis kasvab sääraseil toiduvaeseil kohil, kus ei suuda elada teised, kõrge-
mad taimed. — Liblikõieliste juuris elavad bakterid (*Bacterium radicicola*, 89. joon.), kes suudavad õhu lämmastikku assimileerida. Assi-

mileeritud lämmastikuühendid edendavad taime kasvamist: ilma bakterite muldkonnas kasvavad liblikõielised märksa halvemini ja kannavad vähem seemneid. Bakterid saavad oma tarvilikud toiteollused liblikõieliselt. — Paljude taimede (okaspuude, kanarbikuliste, kaseliste, käpaliste) juurile kinnituvad seen-niidid, mis täidavad juurekarvade ülesannet (*mykorrhiza*, 90. joon.). Käpaliste seemneid suudetakse ainult juurseente juuresolekul kasvatada. Seen-niidid saavad toitu juurilt. — Sipelgad ja ka mõned teised putukad asetsevad taimil, kus nad lehil leidu-



87. joon. H ü d r a ihuseina läbilõik, entodermis (*en*), vetikrakud (*z*). *e* — ektoderm, *ei* — munarakk vetikatega.

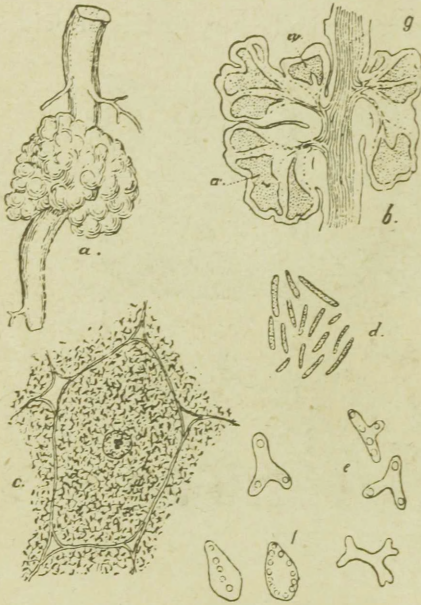
88. joon. S a m b l i k — seinakorp (*Xanthoria parietina*). 1 — läbilõik samblikust, 2 — üksikud seen-niidid vetikrakudega ühenduses.

vaist mesinäärmeist toitu võtavad. Sääraseid mesinäärmetega sipelgataimi on mitu tuhat liiki. Sipelgas hävitab taimevaenlasi.

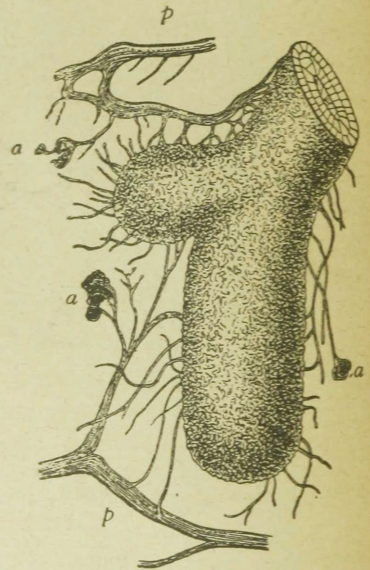
Klassiliseks sümbioosi näiteks on erakvähi ja aktiini (lihakorallilise) kooselu (91. joon.). Erakvähk, kes limuse kojast elab, võimaldab aktiinile kiirema liikumise uusile toitekohile ja pealegi langeb vähi saagist osa aktiinile. Vähile on aktiini kojast viibimine kasulik maskeerimiseks ja aktiini kõrvekapslid on väga mõjusaks abinõuks vaenlaste eemalepeletamiseks. Üldse elavad erakvähid ja krabid koos mitmesuguste teiste organismidega (aktiinidega, käsnadega, hüdralistega).

Sipelgate pesades elavad mitmesugused „külalised“, nagu mardikad,

lestalised ja lehetäid. „Külalised“-mardikad ei suuda iseseisvalt elada. Nad puutuvad oma katsesarviga sipelgaid (92. joon.), misjärele need oma pugust tilgakese toitemahla välja lasevad. Mardikad eritavad enese kehalt isesugust ollust, mis sipelgaile väga meeldib (vististi mõni uimastav eetriline õli). Mõned neist mardikaist on aga sipelgaile otse kahjulikud: nemad ja nende tõugud hävitavad sipelgate mune. Sipelgad tarvitavad sagedasti toiduks lehetäide suhkruksisaldavaid väljaheiteid. Selle eest leiavad lehetäid nende juures kaitset.



89. joon. Juurebakterid (*Bacillus radicola*). *a* — mügar lupiini (hundioa) juurel, loomulik suurus, *b* — mügara läbilõik, *w* — bakteriaalne kude, *c* — rakk bakteritega, *d* — lupiini juurebakter, *e* — hiireherne bakteroid, *f* — lupiini bakteroid.



90. joon. *Mycorrhiza* pöökpuu juurel. *p* — seen-niidid, *a* — huumusekübemed.

Mõned sipelgad röövivad enestele teise liigi sipelgate nukke ja kasvatavad neid üles. Tõugest arenenud töölised töötavad pesakonna kasuks. Seda nähtust nimetatakse orjapidamiseks, ent sisuliselt on „orjad“ niisama vabad kui „isandad“. Tugevad ühiskonnad (*Formica sanguinea*) ei pea „orje“. Sipelgas *F. rufescens* ei suuda enam ilma „orjadeta“ elada, sest ta ei suuda oma tõuke toita. Täiesti orjadest olenevad sipelgad on juba nn. sotsiaalsed parasiidid.

Sama liigi organismide ühiskonnad. Väga sagedasti elavad

teatava liigi esindajad üksteise läheduses. Sidemed võivad seejuures üksikute indiviidide vahel olla kas õige lähedased või aga lövdad, juhuslikud ja osalt ajutised. Meie vetes võime tähele panna vesikirpude (vähkide) parvi.

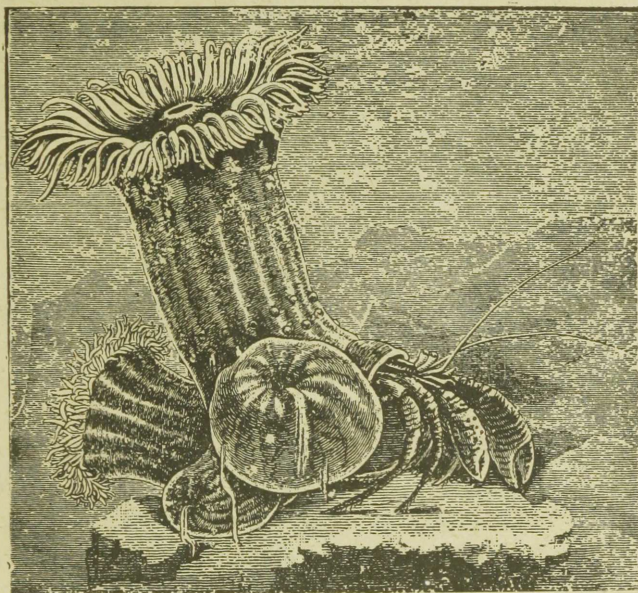
Ka meduusid ja andrulised limused ujuvad parvina. Mitmesugused kalad ujuvad hulgana koos kudemiskohile (heeringad, sardiinid, lõhekalad jt.). Loendatud juhtudel ei ole hulgana esinemisest iseäralist nähtavat kasu. Noored kalad ujuvad parvis. Paljud linnud moodustavad pärast haudumisaega

suured parved (kuldnokk, tihased jt.). Hulgana on neil nähtavasti vaenlaste märkamise toiduotsimisel hõlpsam. Kaldapääsukesed, hakid, kaarnad jt. pesitsevad üksteise lähedal.



92. joon. Sipelgas külalistmardikat (*Atemeles*) toitmas. *a* — karvatutid, mida sipelgas lakub.

valmistavad võrgust ühised pesad, kus nad kaitset leiavad vihma ja külma eest. Kobrased ehitavad jõgedele puiest, oksist ja mudast sulud ette. Lõuna-Aafrika rändpääsukesed ehitavad pesad ühtekokku, kujundades ühise katuse (93. joon.), mis kaitseb vihma ja madude eest. Pelikanid ja mõned teised linnud püüavad ühiselt kalu, kihutades neid

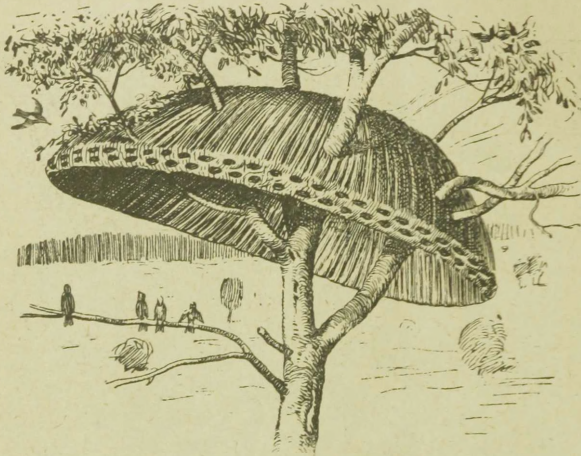


91. joon. Sümbioos erakvähi ja meriroosi vahel.

Iseäranis suurel hulgal pesitsevad lähestikku mereäärsed linnud nn. linnumägedel (kajakad, algid, krüüsel jt.). Röövlinnud võiksid näit. kajakaid kergesti ära hävitada, ent need kaitsevad endid ühiselt. Linnud rändavad parvis soojele maile. Rida röövikuid (õunapuu koiliblikas jt.),

madalamale kohale kokku. Sel korral on tegevus ühiskonnas juba korrapärane. Teatav korraldus esineb ka vahtide väljapanemisel (linnud, imetajad).

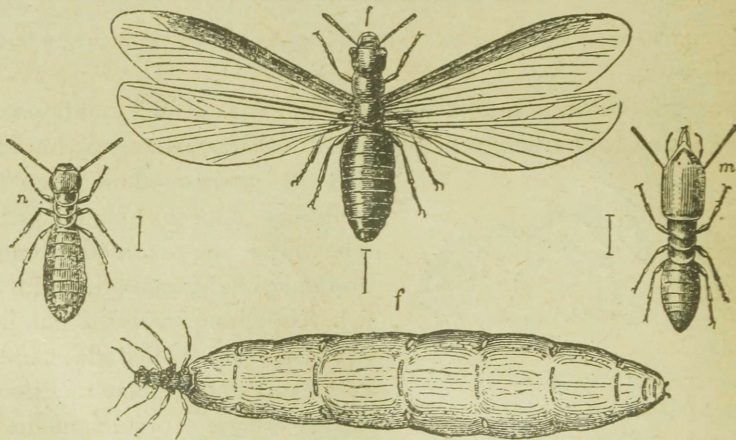
Ümiseja ja preeriakoerad lasevad hädaohu korral kuulda-vale heledat vilet, mille järele kõik asunduse liikmed oma koopaisse kaovad. Hundid käivad talvel ühiselt jahil ja tungivad ühiselt isegi hobustekarjule kallale.



93. joon. Rändpääsukeste (*Philetaerus socius*) pesa.

sed, veised, kaamelid, seebrad, lambad, põdrad, antiloobid, ele-

Kõrgema-astmelis ühiskonnis on alaline juht, kes kogu ühiskonna tegevust korraldab ja juhib. Rohusööjad elavad harilikult karjuna (hobu-

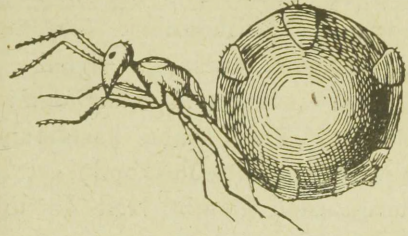


94. joon. Termiidid. *f* — üleval tiivune, all tiivutu ema (pärast paarituslendu), *n* — tööline, *m* — sõdur.

vandid jt.). Juhiks on harilikult vana isaloom. Karjuna elavad isegi mõned lihasööjad (merelõvilased, metssiga, hüljes). Hästi organiseeritud on ahvide kari. Segakarja moodustavad seebra, pühvel, antiloobid

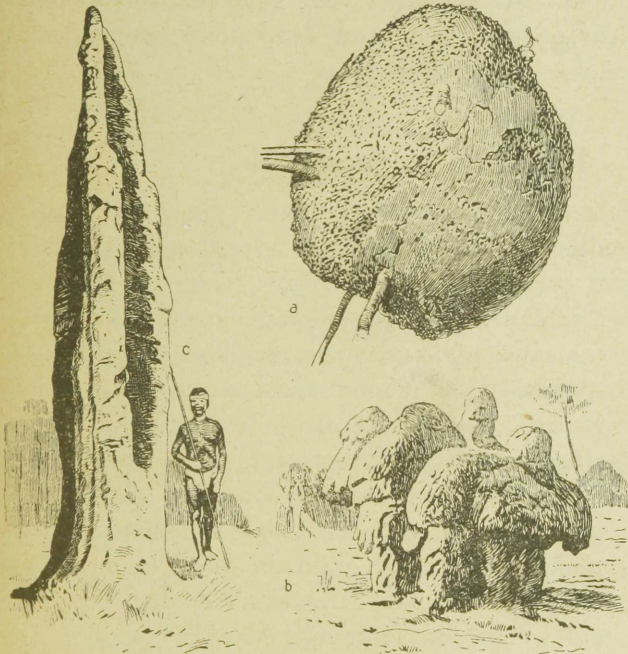
ning jaanalind. Seebra ja pühvel suudavad hädaohu korral endid mõju-
salt kaitsta. Antiloobid seavad vahid välja. Jaanalind suudab vaenlasi
juba kaugemalt märgata. Ühiskonnas või perekonnas (linnud, gorilla,
orang-utan) on järglaste elu kindlam.

Väga kõrgel arenemisastmel
seisavad mõnede putukate ühiskon-
nad (sipelgad, mesilased, termiidid,
herilased, kumalased), kus töö on
jaotatud üksikute liikmete vahel. Mesi-
laste ühiskonna moodustavad ema,
isa (lesk) ja töölised. Ema ja isade
ülesandeks on sigitamine. Töölised
teevad kõik, mis ühiskonna olemas-
oluks tarvis. Huvitaval kombel on ühiskondlikel putukail tööjaotusele



95. joon. Sipelgas-meenõu (*Myrmecocystus mexicanus*).

vastavalt anatoomi-
liselt erinev ehitus.
Termiidel (94. joon.)
ja sipelgail on peale
isade, ema ja hari-
likkude tööliste veel
sõdurid (kaitse!).
Ühe sipelgaliigi
(*Myrmecocystus*)
üksikud individid
on kujunenud elu-
saiks meenõudeks,
kelle suurde taga-
kehasse mahub palju
mett (95. joon.).
Siingi on kehaehi-
tus tööjaotuse koha-
selt muutunud. —
Ühiselust on mitme-
sugune tulu. Sipel-
gad suudavad ühi-
selt endid eduka-
malt kaitsta ja, mis iseäranis tähtis, nad võivad ühiselt enestele palju
suuremaid loomi saagiks murda. Peeneksnäritud lehil seente kasvata-
mine, suurte pesade ehitamine on samuti ühiselu tagajärjeks. Mesi-



96. joon. Termitide pesad. a — pesa puuksal,
b — seenekujulised pesad, c — tornikujuline pesa.

— Ühiselust on mitme-
sugune tulu. Sipel-
gad suudavad ühi-
selt endid eduka-
malt kaitsta ja, mis iseäranis tähtis, nad võivad ühiselt enestele palju
suuremaid loomi saagiks murda. Peeneksnäritud lehil seente kasvata-
mine, suurte pesade ehitamine on samuti ühiselu tagajärjeks. Mesi-

aste ühiselu on peale muu kasulik töö ja aja võitmise suhtes (ökonoomia). Kärgede ühtekokku ehitamise tagajärjel võib võrdlemisi vähesest ainesest hulk kärjetoobikesi ehitada (ühised seinad!). Termiidid valmistavad enestele kuni mitme meetri kõrgused elamud (96. joon.). Seega on ühiskondliku elu tagajärjel loomile võimaldatud parem toidusaamine, kaitse ja sigimine. Neile avanevad hoopis uued võimalused (suuremaid saagiloomi murda jne.). Ühiskondlik elu on osutunud üldse väga kasulikuna. Maismaal on ühiskondlikke loomi palju enam mitteühiskondlikest, iseäranis kui arvesse võtta ligikaudu ühesuuruseid loomi. Nad on looduses valitseval kohal. Peaasjalikult nemad on kõige kõrgemale jõudnud oma eluavalduste suunas. Inimene on ainult ühiskondliku elu tagajärjel võitnud oma vaenlased, kiskjad. Üksnes sel teel on võimalik igasuguste kultuurisaavutuste põlvest põlve edasi andmine ning seega oskuste, võimete ja teadmiste alaline kasvamine. Ainult ühiskondliku elu tagajärjel võib inimene maakera pinnal nii arvurikkalt elada, nagu nüüd, sest ühiskondlik elu võimaldab töö jaotuse ja seega eduka ja viljarikka töö.

V. Taimeriik ja loomariik.

Taimed erinevad küll loomist mitmes suhtes: nad on harilikult kohale liikumatult kinnitunud, nad suudavad anorgaanilisest olluseist valmistada (sünteesiliselt) orgaanilisi toiteolluseid. Siiski on taimede ja loomade elutegevus väga sarnane. Olluste- ja energiavahetus, kasvamine, arenemine, sigimine, ärritatavus, pärimus, eneseregulatsioon ja kohastumine — kõik need eluavaldused on taimile sama omased kui loomile. Taimede üldised elutingimused, nende koosseis ja ehitus on üldiselt sama, mis loomil. Pealegi on kõige lihtsamate taim- ja loomorganismide eraldamine juba õige raske, sest seal on sarnasus veel suurem. Lihtsad ainuraksed taimed liiguvad vabalt. Isegi toitumisviis ei ole küllalt kindlaks kriteeriumiks, mille alusel eraldada taimi loomist: seened, bakterid ja parasiit-taimed tarvitavad otsekui loomad orgaanilisi ühendeid ja ei suuda neid valmistada sünteesiliselt. Hoopis põhimõttelisi ehk olulisi erinevusi pole. Vahe on enam selles, et taimed on teises, loomad teises suunas enam edenenu. Taim omab suurema võime olluseid ümber töötada, loom — suurema ärritatavuse (ergud, lihased). Ent taimedki on ärritatavad. Taimede ja loomade lahkumine ei ole oluline ehk printsiipiaalne. Taimed ja loomad moodustavad ühise elusa looduse.

VI. Elus ja elutu loodus.

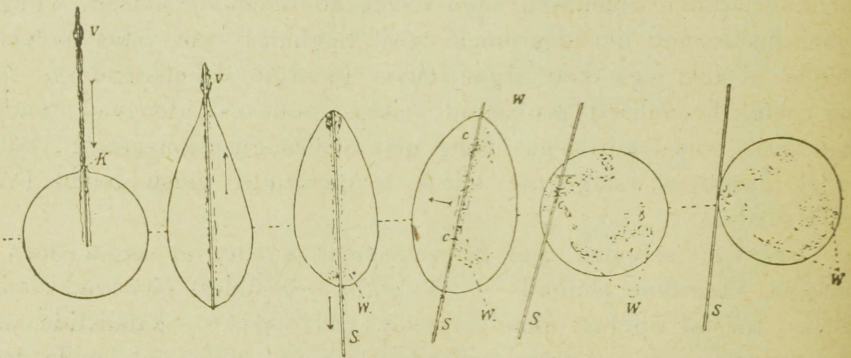
Elusa ja elutu looduse vahel näib koosseisu ja avalduste suhtes haigutavat ülepääsmatu kuristik. Võiilillel ja putukal on rida ühesuguseid eluavalduisi (missugused?), midagi sarnast aga ei leidu kivil. Ent siiski ei pea arvama, et elusal ja elutul loodusel pole midagi ühist.

Elusolevuste koosseisu osiseina esinevad samad elemendid, mis on elutus looduses (peaasjalikult väikese aatomikaaluga). Mingisugust elu elementi ei ole leida. Materia ei hävi ega teki organismeski (säilimisseedus). Teiseks, elusolevuste energiavahetus toimub samade seaduste järele, nagu elutus looduses. Oksüdeerub gramm rasva või süsivesikut organismis, siis vabaneb sel juhul täiesti sama palju energiat, kui harilikul põlemisel, nagu tõestavad tuhanded katsed, olgugi et organismis toimub oksüdeerumine teisel tingimusil kui õhus põlemine. Energia ei teki ega kao organismiski (energia säilimisseedus). Ning veel enam, keemilised protsessid (elutus looduses) toimuvad temperatuuri tõusu korral kiiremini. Ning otse samasugusel määral (2 kuni 3 korda) tõuseb elu-tegevuse kiirus temperatuuri tõusu puhul (Van't Hoff'i seadus).

Iseäranis varemil ajal oli valitsemas vaade, et organismes on teotsemas iseäraline elujõud — *vis vitalis* —, millest olenevad eluavalduised. Säärast õpetust nimetatakse vitalismiks. Vitalistide arvates on elusolevuis mõjumad erilised, kõrgemad põhjused, mille toime on sihitud teatavate eesmärkide poole. Seda iseäralist elujõudu, mis juhtivat elutegevust, nimetatakse ka veel psüühiks ja entelehhiaks. Vitalismi vastandõpetus väidab, et elusolevuis pole mingisuguseid iseäralisi energiad teotsemas, vaid seal on samad energiad ja ainult samad füüsikalised ja keemilised seadused maksmas, mis elutus looduses. Elu on ainult füüsikalise-keemiline toiming. Viimast vaadet elu peale nimetatakse mehanismiks (ka energetismiks, monismiks, materialismiks). Vitalism on ikka alaliselt ühe või teise oma väite aluse kaotanud, sest mehanismi kasuks on enam ja enam tõestusi korjunud. Veel XIX sajangu algusel arvati, et isegi orgaaniliste ühendite tekkimiseks on tarvilik iseäraline elujõud. Ent 1828. aastal suutis Wöhler kunstlikult valmistada kusiinikku. Hiljemini on sünteetilisel teel, s. o. kunstlikult valmistatud väga mitmekesiseid ühendeid, mis organismes esinevad (süsivesikuid, rasvu ja isegi lihtsamaid valgulaadseid olluseid). Seejärel on langenud vaade, nagu oleks tarvilik orgaaniliste ühendite tekkimiseks „elujõud“. Omal ajal arvati ka, et elujõud kaitseb magu

eneseseedimisest. Ent katsed näitasid, et elusa jänese kõrv hakkas seeduma koera maomahlas. Magu ei seedu tema kudedes leiduva vastu-keha tagajärjel. Mingisuguse erilise eluenergia olemasolu ei ole tõestatud. Elusolevused saavad oma elutegevusiks energia keemilisist ühendeist.

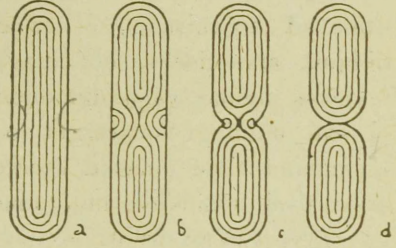
Elutus looduses avalduvad väga paljud nähtused, mis meelde tulevad eluavaldusi. Siin järgneb üksikuid näiteid. Protoplasmale on väga iseloomuline kolloidne olek. Ent kolloide võidakse ka kunstlikult, elutuist olluseist valmistada. Moodustatakse destilleeritud vette asetatud metallist elektrootide (kullast, hõbedast, alumiiniumist jne.) vahele kaartuli, siis vabanevad katoodil elektrivoolu mõjul metallist kolloidsed kübeme kesed, mis jäävad vette heljuma. Vesiklaas (Na_2SiO_3) annab soolhap-



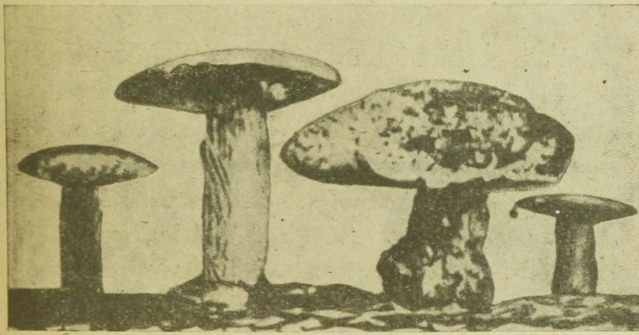
97. joon. Kloroformitilk võtab šellakiga kaetud klaaspulgakese sisse, lahustab šellaki ja heidab pulgakese välja.

pega sülditaolise meta-ränihappe (H_2SiO_3). — Puutub kloroformitilk kokku šellakiga (kummilakk) kaetud niidiga, siis kisub tilk niidi enesesse, nii et viimane keerdu läheb, nagu vetikniit amööbis. Kui šellak klaaspulgalt kloroformis lahustunud, tõukab tilk ta välja (97. joon.). Nähtus on sarnane amööbi toiduvõtmisega. Riitsinuseõli tilgakased kogunevad alkoholi pinnalt kapillaartorukesse, kus kloroform sees. See nähtus tuletab taksist meelde. Oliiviõli tilgad liiguvad soodalahuses, otsekui amööbid. See nähtus tuletab meelde ärritatavust. — Väga palju sarnasust elusate olevustega on tuleleegil. Kүүnlatules voolab kүүnlarasv alaliselt leeki, kus ta põleb. Seejuures vabaneb energia (soojus, valgus) ja leegist kõrvalduvad lõppsaadused — CO_2 ja H_2O . Kүүnla leegis toimub alaline olluste- ja energiavahetus. Veel enam — kүүnla leek reguleerib ise ennast. Lõigatakse põlevalt tahilt tükike ära, siis jääb tuli vähemaks, ent ta sulatab varssi küllalt rasva ja leek omandab

endise suuruse. Läheb leek kord ülearu suureks, siis põleb sularasv kiiresti ära ja leek väheneb. Puhutakse leegile, siis kaldub leek õhuvooluse suunas, ent niipea kui see kadunud, omandab leek endise vormi. — Kristallide ärälöödud osad regenereeruvad. Kristallid kasvavad. Vedelad kristallid¹⁾ liiguvad, kasvavad ja poolduvad (98. joon.), otsekui bakterid või üldse rakud. Kunstlikul teel on suudetud „kasvatada“ keemilisest olluseist mitmesuguseid kujundeid, mis veetaimi ja seeni meelde tuletavad (osmootsed taimed, 99. joon.). Veel huvitavam, et nende kasvamise algatuseks on tarvitatud väikesi kindelkeha osakesi, mis on olnud otsekui seemneiks²⁾. Kasvamine toimub seepärast, et tekib poolläbilaskja kile, mille sismuses suurem osmootne rõhumine (vesi tungib sisse). Kõik elutu looduse avaldused olenevad tingimustest, samuti kui eluavaldused. Olgugi et need näited ei ole igas sihis võrreldavad elu-



98. joon. Vedela kristalli pooldumine.



99. joon. Kunstlikult „kasvatatud“ seenekujulised arendid.

avaldustega, ent niipalju on kindel, et on võimalik esile kutsuda rida protsesse elutus looduses, mis vähemalt paljudes suhetes on eluavalduste sarnased. Muidugi on elutu looduse protsessid lihtsamad. Elusa oluse koosseis ja ehitus on niivõrt keerulised, et selle valmistamiseks veel lootust ei ole, sest et mõned tähtsad organismide osised on veel vähe tuntud (fermendid, hormoonid, vitamiinid). Pole aga kahelda, et eluaval-

1) Need on vedelad, ent teatavas kindlas vormis esinevad kehad. Näiteks moodustuvad-oleiinhapu kaalium ja HgI_2 (üle 146°) vedelad kristallid.

2) Näiteks saadakse vetikakujuvõlm moodustised, kui visatakse vasevitriolist ja suhkrust valmistatud seeme lahjasse raudtsüaanikaaliumi lahusesse.

dused põhjenevad füüsikalisel ja keemilisel protsessel. Ning eluavaldused erinevad eluta looduse avaldusist seepärast, et elusolevuste ehitus ja koosseis on erakordselt keeruline. Elusais olevusis on hulk olluseid kombineerunud ja moodustanud kolloidse protoplasma. See omapärane ehitus ja omapärane koosseis tingib elusolevuse omapärasuse, ent algollused, struktuurid, keemilised reaktsioonid ja eluavaldused, mis esinevad organismes, ei erine oluliselt elutust loodusest. On küllalt põhjust arvamiseks, et eluavaldused ei ole oma olemuselt muud, kui teatavas suunas väljakujunenud elutu looduse avaldused. Teiselt poolt ei saa muidugi salata, et eluprotsessid on küllalt omapärased. On kujunenud elule omased seaduspärasused, sest mehhanism on organismis erakordselt tüsilikuks muutunud.

Osa teadlasi-vitaliste arvavad vaimlisi võimeid siiski väljaspool kehalisi, füüsikalisi ja keemilisi protsesse seisvat. Ent rohked katsed näitavad, et vaimlised võimed on väga lähedalt seotud ergukavaga ja ollustevahetusega. Peakski tekkima ergukavas isesugune energia, nagu mõned teadlased oletavad, siis on ainuke võimalus arvata, et ta tekib teisist energiavormest ekvivalentsuse reegli põhjal. Ent pole mingisugust takistust oletusele, et füüsikalised energiad toimivad organismes nii imemitmekesiselt. Füüsikaliste energiatega toimimine on ka elutus looduses ülilimitmekesine, kui luuakse vastavad struktuurid, masinad (elektri avaldused!). Mehhanism on uurimistegevusel olnud väga viljakas ja pole põhjust temast loobuda, kui ei ole tõestatud vastandõpetus — vitalism.

Veel suuremaks kujuneb elusa ja elutu looduse suguluse tõenäosus, kui meelde tuletame, et elus ollus tekib ju elutuist olluseist. Mineraalollused ja CO_2 muutuvad taime klorofüllterakesis päikeseenergia abil elusaiks olluseiks. Väikesest seemnest võib vesikultuuris, kus puuduvad orgaanilised ühendid, areneda suur taim kõigi oma organitega, kus palju elusat ollust — protoplasmat — peitumas. Seega on kindel, et elus ollus tekib elutuist, olgugi küll elusa olluse tegevusel. Elutud ollused võivad moodustada elusa olluse. — Kõige eelneva põhjal ei või tunnustada ülepääsmatut kuristikku elusa ja elutu looduse vahel, sest nende vahel on küllalt vahelülisid, neis valitsevad ühised seadused ja suguluse-sidegi leidub nende vahel.

VII. Elu tekkimine.

Kõik elusad olevused sünnivad elusaist olevusist, enamasti munarakest. Sellele otsusele jõuti lõplikult alles XIX sajangu teisel poolel. Leiti, et isegi bakterid ei teki muidu kui eoste abil. Kohane bakterite toidulahu, kuhu eosed sisse ei pääse ega ole pääsnud, ei lähe käärima või roiskuma.

Et aga oli aeg, mil maakera oli hõõgav tulekuul, mille peal ei olnud elu võimalik (protoplasma jaoks liig kõrge t^0), sellepärast peame oletama, et elu pidi teataval ajal maakeral tärkama.

On põhjust arvata, et esialgu tekkis maakeral elu omapärasel kujul, juba sellepärast, et siis olid maakeral isesugused elutingimused (suurem soojus, huumusepuudus jne.). Et iga elus olevus koosneb protoplasma, siis on peatatud küsimusel, kuidas võisid tekkida esimesed protoplasmalised olevused, mis alguses olid vahest lihtsad.

Panspermiateooria järele on tulnud orgaanilise elu eod ehk seemned väljastpoolt maakerale. Nimetatud teooria järele heljuvad väikeste organismide eod alati igal pool ilmaruumis. Arvatavasti võivad väikesed ja kerged kehakesed, nagu bakterite eosed, õhuvooluste, õhuelektri ja valguse kiirte rõhumise mõjul ilmaruumi kanduda ja seal levida. Oleks mõeldav, et ilmaruumi madalas temperatuuris eos oma eluvõimet ei kaota. Satub säärane eos teisele taevakehale, siis võib ta elama hakata, kui tingimused kohased. Panspermiateooria järele on orgaaniline elu igavene ja ta kantakse ühelt planeedilt teisele. Seda õpetust ei ole võimalik tõestada. Ei saa tõestada, et mõni eos on maailmaruumist tulnud: õhku satub rohkesti eoseid maapinnalt, kust nad maha langevad. Peale selle on siiski väga küsitav, kas suudaks eos maailmaruumis tuhandete aastate jooksul elus püsida.

Taevakehad hakkavad tekkima udukogust, milles esinevad alguses hoopis väikese aatomikaaluga elemendid. Hiljemal astmel tekib ainete tihenemise tagajärjel hõõgkuum kuul, mis alaliselt jahtub. Sel protsessil toimub elementide muutumine, tekivad raskema aatomikaaluga elemendid. Ei või kahelda, et maakeralgi on toimunud elutute olluste ja alaline tingimuste muutumine. Sel alusel näib väga tõenäone olevat, et elu võis maakeral enesel tekkida. Vististi on elus ollus tekkinud elutu olluse arenemise tagajärjel. Arvatavasti olid varem ajal tingimused elu tekkimiseks maakeral iseäranis soodsad. Vististi tekkisid alguses kolloidsed ollused, mis hiljemini hakkasid eriliste tingimuste mõjul organiseeruma, rakkudesse eralduma. See, nn. isetekkimise teooria on kõige tõenäosem: sel teel on elu tekkimine kõige lihtsamini, ilma erakorraliste imedeta seletatav. Kuidas üksikasjus elu võis maakeral tekkida, pole teada.

Kõige tõenäolikuma elusa olluse tekkimise teooria on loonud Pflüger. Pflüger'i järele on elus ollus tekkinud tsüaan-ühendeist (süsiniku ja lämmastiku ühendeist — CN). Selle ettekujutuse järele on protoplasmas olemas tsüaan-ühendid. Tsüaan-ühendid on ebatasakaalus ehk ebapüsivad ollused, nagu protoplasmagi. Nad muutuvad ja reagee-

ruvad kergesti teiste ollustega, mispärast nad ongi kohased elutegevuse kandjaiks ühendiks. (Näiteks, tsüaanhape lagub ammoniaagiks ja süsihappuks gaasiks harilikus temperatuuris: $\text{HCNO} + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + \text{CO}_2$.)

Katseliselt on kindlaks tehtud, et CN ühendid sünnivad kõrges (valge hõõguse) temperatuuris. Sel ajal, kui maakera oli hõõgav kuul, võis sündida tsüaan, sest siis olid olemas süsinik ja lämmastik. Arvatavasti pididki nad sündima, sest olid ju siis olemas kõik kohased tingimused. Hiljemini sünnitas tsüaan mitmesugused teised ühendid, millest viimaks ühenduses veega ja teiste ollustega tekkis elus ollus.

Elu võis tekkida alles siis, kui maakerale oli ilmunud koor ja tekkinud veekogud, sest kõrges temperatuuris on võimatu säärane protoplasma olek, mis on tarviik elamiseks. Esimesed elusad olevused tekkisid mere põhjas, sest kuival maal elamiseks peab organism veel iseäraliselt kohastunud olema. Alguses võisid aga kõige lihtsamad olevused tekkida. Kõige lihtsamad olevused elavad vees. Organismid võisid alles siis maapinnale kasvama asuda, kui nad omandasid kaitse-abinõud ärakuivamise vastu.

VIII. Põlvnemisõpetus.

Eelnevas peatükis jõudsimel arvamisele, et elu on alguses tekkinud vististi lihtsal kujul, vististi lihtsate protoplasmaliste „rakkudena“. Praegused organismid on aga väga mitmekesised ja sagedasti tüsiliku ehitusega. Destendants- (evolutsiooni-) ehk põlvnemisõpetus väidab nüüd, et kõik praegused organismid on tekkinud lihtsamaist vormest. Ta väidab, et organismid on järk-järgult muutudes täienenud, ikka enam spetsialiseerunud. Organismide põlvnemise kasuks räägivad väga paljud asjaolud. Kõige tähtsamaks põlvnemisõpetuse tõestuseks on maakera kihes leitud kivistunud loomad ja taimed. Ent ka mitmesugused teised andmed põhjendavad põlvnemisõpetuse.

1. Süstemaatiline põhjendus.

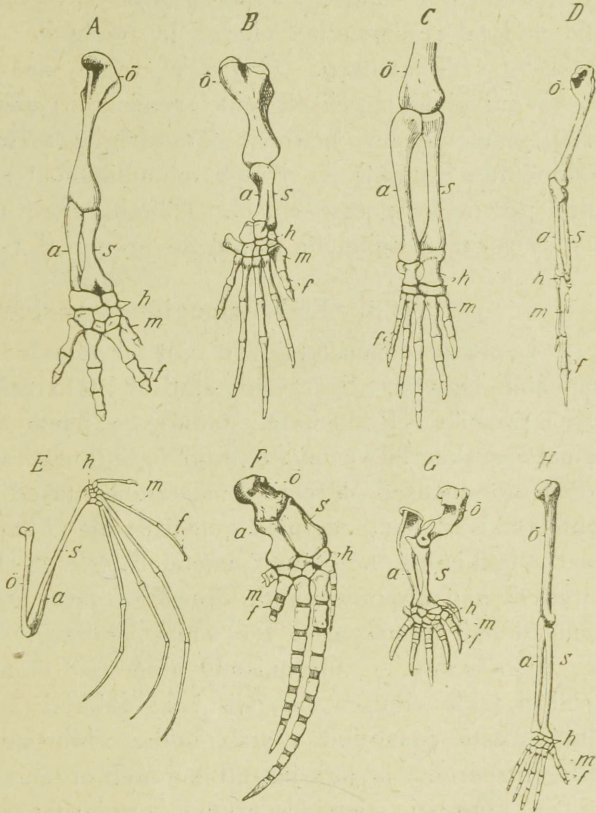
Varem oli valitsemas arvamine, et loomade ja taimede liigid on muutumatud. Selle arvamise valandas kuulus Karl von Linné (1707—1778), süstemaatika isa, järgmiselt: „Liike on niipalju kui loodi alguses mitmesuguseid vorme“. Näis, et liigid on väga selgesti üksteisest eraldatud teatava hulga tunnuste poolest, mis täiesti kindlasti ses liigis alal püsivad. Näis, et ei toimu liigi muutumisi. Süstemaatikasse süvenemisel avaldus hiljemini, et kindlaid piire tõmmata üksikute liikide vahele ei ole sugugi nii kerge. Säärane raskus liikide eraldamisel esineb eriti arvurikaste liikidega perekonnis. On harilik nähtus, et teatava taime või looma perekonna uurimisel seab üks süstemaatik vähem liike üles

kui teine. Kolm hoolikat teadlast uurisid (Saksamaal) hunditubaka perekonda, kusjuures liike järgmiselt üles seati: 1.—52, 2.—106, 3.—300. Mõnelgi juhul on leitud vormide vahel, mis teineteisest õige tublisti erinevad, rida järk-järgulisi ülemineku- ehk vahelmisi vorme, variatsioone. Sellest järgneb, et liigi mõiste on üldse kaunis suhteline.

2. Anatoomilised põhjendused.

Organismide anatoomilisel uurimisel torkab silma ülisuur sarnasus

suurte organismigruppide ehituses. Nii näiteks on selgrooliste ehituses leida väga palju sarnasust (luud, ergukava, süda, sooned, meeleanorganid jne.). Putukad on samuti peajoonis ühtviisi ehitatud. Nii on see üldiselt. Olgu üheks näiteks kõrgemate selgrooliste jäse (100. joon.). Õlavarre luu, küünar- ja kodarluu, randme-, kämbla- ja sõrmeluu on olemas kahepaikse (salamandri), krokodilli, linnu ja imetaja jäsames. Isegi niivõrt kujult erinevais jäsames, nagu nahkhiire, muti, vaala ja inimese jäsames on samad luud. Erinemine avaldub ainult üksikute luude pikkuses, kujus ning mõnel vormil ka kämbla



100. joon. Selgrooliste jäsameteluu. A — salamander, B — merekilpkonn, C — krokodill, D — lind, E — nahkhiir, F — vaalaskala, G — mutt, H — inimene. õ — õlavars, a — küünarluu, s — kodarluu, h — randmeluu, m — kämblaluu, f — sõrmeluu.

ja sõrmeluude arvu kahanemises. — Säärane suur sarnasus organismide ehituses on kõige lihtsamini sel teel seletatav, et grupid, mis osutuvad

paljudes suhetes sarnaseina, on põlvnenud ühiseist esivanemaist. See otsus on seda enam põhjendatud, et võib sagedasti leida organite järkjärgulisi täienemisi (süda, kops, silm, aju jne.).

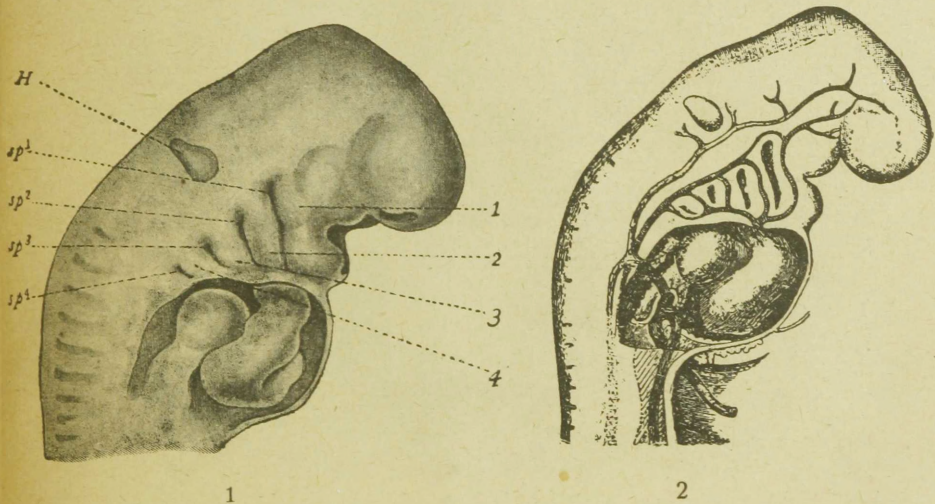
Väga sagedasti leiduvad organismes kidurad organid, mis ei ole tegevad ega tarvilikud. Need on nn. rudimentsed organid. Inimese kõrvalihased on kasutud: inimene ei sea kõrvu hääle sihis. Tuttavamad inimese rudimendid on ka sabalülid ja sabalihased, pimesoole ussjätk, poolkuuline volt sisemises silmanurgas (vastab lindude ja sisalikkude pilknahale). Vaalal puuduvad tagumised jäsemed, ent kehas leiduvad tal rudimendina niuded ja reieluud. Mutil on silmad hoopis väikesed, rudimentsed. *Proteus*'el (elab maa-aluste koobaste jõgedes) on silmad ainult algeliselt ehk arenematult naha all olemas. Koer tiirutab enne magama heitmist põrandalgi („aseme tegemine heinasse“ — rudimentne instinkt). — Kõige loomulikumalt seletub rudimentide tekkimine põlvnemisõpetuse alusel. Näiteks peab arvama, et vaal on põlvnenud vormist, millel on olnud ka arenenud tagumised jäsemed.

3. Embrüoloogilised põhjendused.

Loote arenemisel tulevad ajutiselt ilmsile isesugused organid, mis hiljemini kaovad. Sääraseid ajutiselt tekkivaid organeid nimetatakse provisoorseiks. Roomajate, lindude ja imetajate lootel tekivad kaela-seinal lõpuskaared vastavate pragudega (kurguni) ja soontega (101. joon.). Need moodustised on teatava määran sarnased kalade lõpustega. Vaala lootel tekivad hambad, mis igemeist välja ei ilmu ja ära kaovad. Lõpuskaarte tekkimine kõrgemal imetajail seletub kõige lihtsamini oletuse varal, et nad on põlvnenud lõpustega varustatud organismest ja nüüd ilmuvad neil lõpuskaared veel ainult ajutiselt. Vastavalt on sama maksev vaala kohta. — Organismid arenevad munarakust. Munaraku lõhkemisel tekib alguses üks, siis kaks rakkude kihti (lootelehte). Kahekihiline aste (gastrula) vastab hüdra ehitusele. Lotelehed hakkavad differentseeruma ja järkjärgult kujuneb organism kõigi osadega. Munarakust kõrgesti spetsialiseerunud organismi arenemine ei ole vähem imepärane protsess kui põlvnemine, mida oletame. Arenemine lihtsast munarakust keeruliseks organismiks, see teeb üliväga usutavaks kõrgemate olevuste põlvnemise lihtsaist, millised esialgu tekkisid maakeral. Ning nüüdki kordavad järglased oma isiklikus ehk ontogeneetilises arenemises ainult lühidalt neid vorme või astmeid, milliseid on suguvõsa-esivanemad läbi teinud pika põlvnemise aja jooksul (ainurakne, õõsloom, lõpuseline loom jne.). Öeldakse, ontogenees ehk isiku

arenemine on fülogeneesi ehk suguvõsa arenemise lühike kordumine. See on nn. biogeneetiline põhiseadus. — Putukad tulevad nukustadiumis meelde hulkjalgseid, mis on üheks põhjuseks arvamisele, et putukad on arenenud hulkjalgseist. — Esimesed taimede lehed, iseäranis idulehed, on lihtsama ehitusega kui järgnevad, mis seisab kokkukõlas põlvnemise põhimõttega.

Siiski ei või oletada, nagu oleksid kõik arenemisastmel esinevad organid omanud juba esivanemad. Näiteks ei või oletada, et putukad on põlvnenud sääraseist vormest, nagu on nende vastavad tõugud või röövikud. Arenemisastmel viibivad loomad on pidanud kohastuma elutingimustega ja seepärast on neil tekkinud rida erilisi organeid, mida ei ole esivanemal olnud. Kohastumiseks tekkinud ajutised (provisoorsed) organid



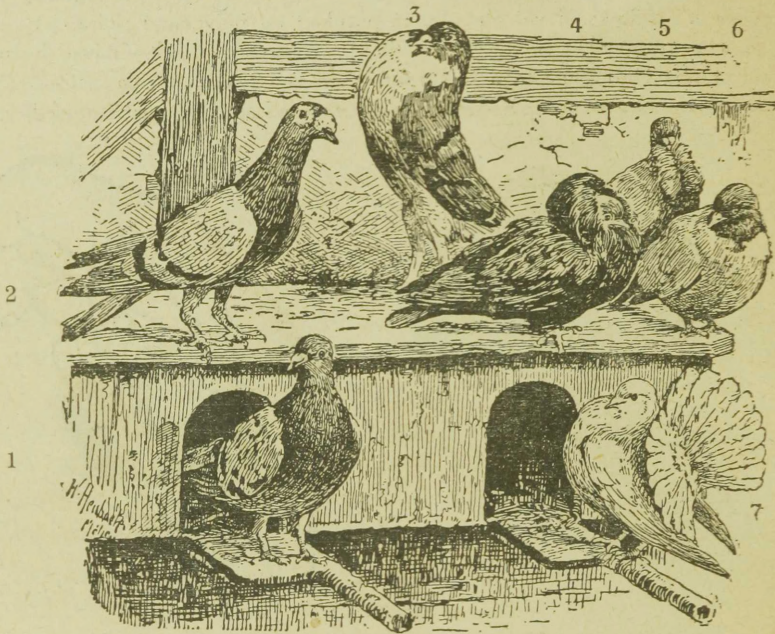
101. joon. Inimese loote lõpuskaared. 1 — vaade küljelt, pealt. *H* — kuulmepõieke, 1—4 lõpuskaared, *sp*¹—*sp*⁴ — lõpuspraod. 2 — sama; nahk kõrvaldatud, sooned nähtaval.

on arenemisastmel tarvilikud, teevad (näit. traheelised lõpused), kuna aga fülogeneesi kordumisel esinevad ajutised arendid on tarbetud ja tegevusetud (vaala loote hambad, lõpuskaared lootel).

4. Tõu- ja sordiparanduse katsed põlvnemise põhjendusena.

On avaldunud, et liigid võivad muutuda. Inimese mõjul on tekkinud hulk uusi tõugusid ja taimede sorte, kes vabalt looduses ei esine. Osalt oleks nende vabalt elamine hoopis võimatu. Olemasolevad õunapuude sordid püsivad ainult inimese tegevuse tagajärjel (pookimine). Ei ole mõeldav Jokohama kukkede vabalt elamine, sest nende sabasuled on kuni 6 m pikad.

Mitmesugused koerte, veiste, hobuste, lammaste, tuvide (102. joon.) ja kanade tõud on tekkinud üksikuist algusvormest sest ajast peale, kui inimene neid koduloomiks taltsutas. Ning järjest kasvatatakse uusi taimede sorte ja loomade tõuge. Viimaste aastakümnete jooksul on hulk uusi taimede sorte tuletatud. Metsikust Persia alpikannikesest on tekkinud väga mitmesugused kultuurlilled, kes erinevad suuruselt, värvilt



102. joon. Tuvide tõud. 1 — postituvi, 2 — traguntuvi, 3 — pugutuvi, 4 — paruktuvi, 5 — kajaktuvi, 6 — põldtuv, 7 — paabutuvi.

ja õite vormilt. Samuti muutuvad alaliselt pelargoonium, roosid, kãpalised, aiaviljad, puuviljad, teraviljad ja ka koduloomad.

5. Veresugulus põlvnemisõpetuse põhjendusena.

Pritsitakse korduvalt kana verd kodujänesesse, siis tekivad kodujäneses vere kana vere hävitamiseks teatavad ollused, vastaskehad. Veri püüab üldse kõrvaldada enesest võõraid, sissepritsitud olluseid, eriti valke. Valatakse niiviisi mõjustatud jäneses vere leeme kana verd, siis sadestub kana veri. Pritsitakse aga korduvalt inimese verd inimesesar-nasesse ahvesse, siis ei teki seerumite kokkuvalamisel sadet. Inimese

veri ei ole ahviverele võõras ja seepärast ei teki tema hävitamiseks ja kõrvaldamiseks vastaskeha.

Pritsitakse korduvalt lamba verd kodujänesesse, siis tekib kodujäneses veres vastaskeha, mis lamba vereleemega tugeva sademe moodustab. On väga tähelepanu väärt, et säärase kodujäneses veri mõjub ka teiste loomade veresse, ent väga mitmesugusel määral. Känguru, koera ja kassi verega annab ta väga väikese sademe. Hobuse, sea ja põdra verega on sade suurem. Veise verega tekib peaaegu sama suur sade, kui lamba verega (mida kodujänesele sisse pritsiti). Loendatud loomade veri erineb koosseisult ning seepärast on sademe suurus mitmesugune. Et aga kodujäneses veres tekkisid vastaskehaded nimelt lamba vere vastu (lamba verega tekib kõige suurem sade), siis on iseenesest mõistetav, et mida lähem teatava loomaliigi veri oma koosseisult lamba verele, seda suurem peab sade olema, ja vastupidi — mida enam erineb antud looma vere koosseis lamba verest, seda vähema sademe moodustab ta kodujäneses veres peituvate vastaskehade mõjul. Sest selgub siis, et lamba veri on veise verega kõige enam sugulane, kõige enam sarnane keemiliselt. Vähe sugulust on aga lamba verel känguru või koera verega. Veresugulusele vastab ka sarnane anatoomiline ehitus (lammas — veis). Veresugulus seletub kõige loomulikumat teooria varal, et loomad (või taimed), kel on vere (vastav. protoplasma) koosseis enam vähem ühesugune, sugulane, on tekkinud ühisest võrdlemisi lähedasest esivanemast.

6. Geoloogilised põhjendused.

Alles pärast maakera jahtumist ja vee maapinnale langemist võis maakeral tekkida elu. Missugune elu maakeral minevikus olnud, selle kohta saame teateid ainult niipalju, kui sellest räägivad maapõues peituvad kivistunud loomad ja taimed, millest sagedasti ainult osad säilinud.

Organismide säilimine võimaldus ainult settekihtide kujunemisega. Vesi, temperatuuri muutused, jää, liustikud, süsihappu gaas — need olid tegurid, mille mõjul hakkas esialgne kõva maakera koor murenema ehk porsuma. Peened kübemekesed kandis vesi enesega nõkku, orgu, järve või merde, kus nad pärast veevooluse kahanemist põhja langesid, settisid. Teiseks tähtsaks setete tekkimise aineseks kujunesid organismide skeletid. Väikesed mereplanktoni ainuraksed valmistavad merevees lahustunud kaltsiumiühendeist süsihappu-lubjased (CaCO_3) skeletid, mis hiljemini setivad ja aegade vältusel paksud lubjakivi- (CaCO_3) kihid sünnitavad. Niisuguste organismide hulka kuuluvad juurjalgseist foraminifeerid. Samuti võivad limused ja korallid paksud lubjakihid moodustada. Osalt tekivad setted veel tolmust, mis õhust vette langeb.

Organismide säilimine võimaldus sel teel, et nad kattusid settiva liiva, savi, lubja või teise olluse kihiga. Lademeis leiduvad peaaesjalikult mitmesuguste loomade lubja- ja kitiinosad, nagu karbid, skeletid, selg-

rooliste kondid, hambad ja sagedasti terved luukered. Pehmeist osist on väga harva jälgi järele jäänud. Tselluloosirikaste taimede ja nende osade (koor, lehed, seemned, puu jne.) säilimine võis kergemini toimuda kui loomade valgurikaste osade alalhoidumine, sest need ei roisku nii kiiresti (iseäranis vees). Tihedais setteis, nagu näiteks savikivis, võib organismi kõva osa muutumatuks säilida. Väga sagedasti aga muutub alalhoiduv organismi kõva osa, iseäranis setteis, mis kergemini vett läbi lasevad. Nii juhtub näiteks, et mere mudasse jäänud karp sulab aegade jooksul ära ja järele jääb ainult karbi vorm ehk valatis. Sagedasti aga astuvad lahustuvate karbiosakeste asemele lahusest alaliselt uued mineraalained asemele, nii et karbi (või luu, puu jt.) koosseis muutub ning tema asemele tekib täiesti karbilaadne mineraalmoodustus. Nii võivad organismide osade asemele tekkida moodustised ränikivist, lubjakivist, kipsist jne. Lademeis säilinud organisme ja nende osi nimetatakse kivistisiks.

Lademetekkimise viisist järgneb, et need lademed on vanemad, mis sügavamal, teiste all peituvad. Peale selle asjaolu aitavad lademetega kindlaks määrata veel neis leiduvad kivistised. Harilikult erinevad vanemate aegade kivistised uuemaist kivistisist oma ehituselt ja kujult, ning seejärel on lademed, kus peituvad ühesugused kivistised, ühealised. Maakera pinda katab kohati kuni 20—30 kilomeetri paksune sette- ehk kiht-kivimite kord.

Aeg, millal lademed tekkinud, küünib sadadesse miljoneisse aastasse. Kõgu geoloogilised lademed jaotatakse viide suurde ladekonda, mis igaüks tekkinud vastaval aegkonnal. Need aegkonnad on:

- arhailine (ürg-aegkond),
- eozoiline (agu-aegkond),
- paleozoiline (vana aegkond),
- mesozoiline (kesk-aegkond),
- kainozoiline (uus aegkond).

Üksikuis ladekonnas esinevad veel suuremad muutused lademetekkoosseisus, loomkonnas ja taimkonnas, millisel alusel jaotatakse ladekonnad üksikuiks ladeksiks. Ladeksile vastavad ajastud, mil nad tekkinud. Ladeksid võidakse veel edasi jaotada ladeksikeks ja ladeksiks, millele vastavad ajastikud ja iga.

I. Arhailine (azoiline) ladekond.

Arhailine aegkond algab maakera koore kujunemisega ja vältab kuni elu tekkimiseni. Alguses, millal veel maakera koore temperatuur

ulatus üle vee auramistemperatuuri, polnud maapinnal vett. Alles hiljemini algas vesi maakera pinnal oma tegevuse. Sel aegkonnal kujundusid peaausjalikult kristall-kivimid, eriti gneis ja graniit. Arhailises ladekonnas pole mingisuguseid elusate olevuste kivistisi. Arhailise aegkonna kivimid künüivad kohati suuril maa-aladel maakera pinnale (Soome, Skandinaavia, Kaanada).

II. Eozoiline ladekond.

Eozoilisest ladekonnast alates esinevad juba peaausjalikult kiht-ehk sette-kivimid.

Eozoilises ladekonnas esinevad konglomeraadid¹⁾, savi-kildkivid, kvartsiidid, lubjakivid ja dolomiidid, mille vahel rohkesti leida vulkaanide tegevuse tagajärjel tekkinud kivimeid. Eestis ulatuvad eozoilised lademed maapinnale Soomelahe paekalda alusosas. Arhailise graniidi peal lasub liivakivi nurgeliste põldpao ja ränikivi kildudega (põhikonglomeraat, Tallinna ligi 6,7 m paks). Selle peal seisab valge liivakivi kiht (paksus 33 m). Liivakivi katab sinisavi kiht (paksus 90 m). Sinisavi kiht ulatubki merepinnast kõrgemale (kohati kuni 15 m) ja tuleb seal nähtavale, kus teda ei kata lubjakivide ja liivakivide rusu. Eozoilised lademed esinevad ka Soomes, Põhja-Ameerikas (iseäranis Kaanadas) ja Šotimaal. Lademetete paksus neil mail künüib mitme tuhande meetrini.

Eozoilises ladekonnas on juba leida organismide jäänuseid ja kivistisi, kuigi küll väga harva. Sel aegkonnal olid juba olemas algloomad, õõsloomad, okasnahksed, limused (molluskid), kombitspärgsed (molluskikujulised), ussid ja lüljalgsed.

III. Paleozoiline ladekond.

Paleozoiline ladekond jaguneb kuueks ladestuks, millest mõni ladestu üksi üle paari kilomeetri paksuseni künüib. Need ladestud on: kembrium, ordoviitsium, siluur, devoon, karbon (kivisõe ladestu) ja perm. Paleozoilisis lademeis on väga palju leida vulkaanide tegevuse tagajärjena jahtunud laava ja tuha kuhjatisi.

1. Kembriumi ladestu.

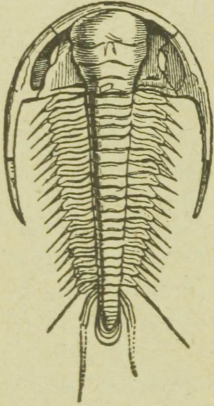
Kembriumi kivimitena esinevad peaausjalikult liivakivid ja kildkivid. Kembriumi ajastu on väldanud, nagu arvatakse, 70 kuni 100 miljonit aastat. Mesozoiliste ja kainozoiliste ajastute vältus on küll märksa lühem olnud, ent siiski on see arvatavasti väga paljudesse miljonitesse ulatunud. Kembriumi ladestu on Eestiski olemas. Ta lamab sinisavi peal ja tuleb nähtavale, paljastub paekaldal. Kõige sügavamal asetseb²⁾ roostekas

1) Konglomeraadid on koostatud ümmaraist munakaist (kivist), mis ühendatud mõne side-kivimiga.

2) Toila, Martsa kohal.

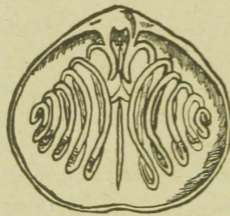
pruun, kergesti pudenev, savikas liivakivi (eofütoon-liivakivi, 3 kuni 4 m paks). Selle kihi peal lamab peenest ränimullast liivakivi (umbes 15 m), mis valkjaskollane ja kohati päris valge. Ses liivakivis kivistisi ei leidu. Ta on tekkinud mannermaal. Kembraumi ladestu esineb ka Inglismaal, Rootsis, Põhja-Ameerikas ja mujal.

Kembraumi ladestust on leitud umbes 1000 loomaliiki. Valitseval kohal on trilobiidid ja käsijalgsed. Trilobiidid (103. joon.) kuuluvad vähilaadsete hulka. Nende organismis eralduvad 3 osa: peakilp, keha ja tagakeha. Peakilbil asetsevad silmad (liitsilmad) ja katsesarved.



103. joon. Trilobiit.

Mõned trilobiidid on ilma silmita, eriti need, kes mudas elutsenud. Iga kehalüli alumisel



104. joon. Brahiopood (*Nucleospira*) käte spiraaltugedega.

poolel on asetsenud paar kaheharulist jalga ja lõpusharukesed. Trilobiite on palju liikisid. Nad elasid ainult meres. Käsijalgsed ehk brahiopoodid (104. joon.) kuuluvad kombitspärgsete ehk limustelaadsete hulka. Neil on, nagu limuseil, kaks kaant. Nad kin-

nituvad merepõhja või mõne asja külge iseäralise lühikese varre abil. Kaaned kujundab mantel. Teine neist on sagedasti suurem. Mantlikoopas peitub neil suu kõrvale kinnitatult kaks püünist („kätt“), millel paljudes sugukondades lubjane skelett toeks. Püünis ehk „käsi“ on varustatud veresoontega ning ta ülesandeks on hingamine ja saagi suhu juhtimine, mis toimub püünisele kinnitunud ripsmete abil. Peale trilobiitide ja käsijalgsete esinevad kembraumis käsnad, meduusid, holutuurid (meripuralised), rõngussid, meritähed, merikeralised (tsüstiidid), tiibjalglased (limuseist), väga harva tigulised ja karbilised. Selgrootlisi pole ses ladestus üldse leitud.

2. Ordoviitsiumi ladestu.

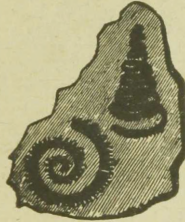
Ordoviitsiumis etendavad peaosa lubjakivid ja merglid. Esinevad ka liivakivid ja kildkivid. Otse kembraumi lademetel peal lasuvad ordoviitsiumi kihid, milliseist moodustavad Eesti alam-ordoviitsiumi oboolus- ehk unguliit-liivakivi (3,5 kuni 5,5 m paks), diktüoneema kildkivi (kuni 4,4 m paks), glaukoniitliiv (0,5 kuni 5 m), glaukoniit-lubjakivi (umbes 1 kuni 3,4 m), alam-läätsekiht — vaginaat-lubjakivi (kohati 4,3 m paks), ülem läätsekiht ja ehinosferiit-lubjakivi¹⁾ (9,5 m paks). Oboolus-liivakivi nimi tuleneb ise-

1) Lubjakive tarvitatakse ehituseks ja tsemendi valmistuseks ühes sinisaviga.

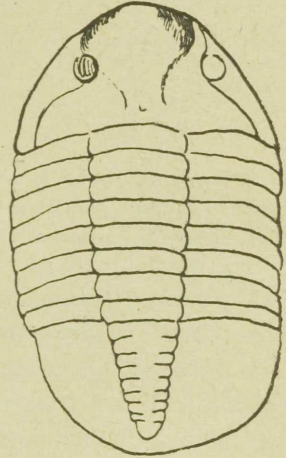
loomulisest kivistunud käsijalgsest (*Obolus*), mis ses liivakivis esineb. Diktüoneema kildkivi on tumepruun, savikas kildkivi, mis sisaldab vähesel määral õlisid (1–6%). Ta nimi tuleneb graptoliitidest, mis temas leiduvad (*Dictyonema*). Glaukoniitliivas ja glaukoniit-lubjakivis leiduvad rohelised glaukoniit-rakused, mis on tekkinud, nagu arvatakse, foraminifeeride kestadest. Läätsekihes leiduvad läätsetaolised moodustised. Läätsekihid, nagu ka teised kõrgemal lasuvad kihid, on lubjakivid, kus seas kohati savi. Ehhinosferiit-lubjakivi on nime saanud okasnahksete hulka kuuluvalt tsüstiidilt ehk merikeraliselt (*Echinospaerites*), mis ses kihis esineb.

Seni loendatud (alam-ordoviitsiumi) kihid paljastuvad Soomelahe kaldal, kus nad moodustavad (ühes kembri kihtidega) kõrge paekalda. Paekalda kõrgus ulatub kõige kõrgemal kohal 26 s. üle merepinna (Martsa, Ontika kohal).

Kesk-ordoviitsiumi ladestik, mis alam-ordoviitsiumi ladestiku peal lamab, ulatub ainult kohati merekaldani. Uuemad lademed sest ajastikust algavad ikka enam ja enam lõuna pool. Selle ajastiku lademed on vanemaist alates järgmised: Kukruse, Idavere, Jõhvi, Keila-Vasalemma ja Rakvere. Lade kannab harilikult paljastuse koha nime. Erilist tähelepanu väärib Kukruse lade. Selle lademe paksus on Kukruse mõisa lähedal 12,5 m. Ta paksus väheneb idast läände; koosneb mergel-lubjakivi ja üksikuist siniseist lubjakivi kihtidest, mille vahel asetsevad põlevkivi kihid. Põlevkivi on tekkinud



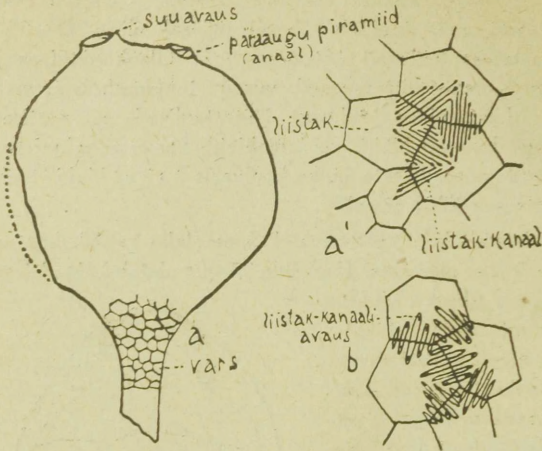
105. joon. Graptoliidid.



106. joon. Trilobiit *Asaphus lepidurus*.

peasjalikult väikesest merivetikaist. Temas leidub õige rohkesti kivistisi (brahhiopode, trilobiite, sammalloomi jt.). Põlevkivi tarvitatakse põletisainena ja õlivalmistamiseks. 500° temperatuuris destilleeritud põlevkivi õli sisaldab bensiini, petrooleumi, määreõlisid ja pigi. Teised lademed koosnevad pea ainult lubjakivist, kus kohati enam või vähem merglit. Keila lubjakivi omandab Vasalemma ümbruses kristalse iseloomu, moodustades „Vasalemma marmori“. Ülemsiluuri ladestiku moodustavad samuti lubjakivid (Saare-mõisa ja Porkuni lade). Ordoviitsiumi ladestik esineb veel Rootsimaal, Norramaal, Suurbritannias ja Ameerikas.

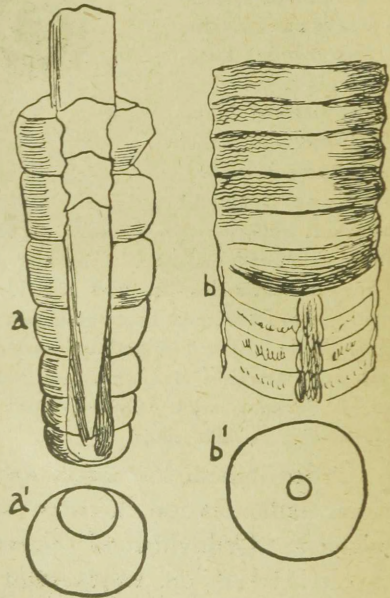
Ordoviitsiumi loomastik on kaunis mitmekesine. Kodumaa ordoviitsiumi lademeis on kivistisi sagedasti väga rohkesti (lubjakives ja põlevkivis). Ordoviitsiumi alamais kihis leidub rohkesti graptoliite. Graptoliidid on väljasurnud hüdralsed (hüdroidid), kes koloniaalselt on elanud (105. joon.). Nad elasid üksikuis kitiinseis karikais, mis olid üksteisega nii ühendatud, et nad moodustasid read (harilikult hargnevad). Samuti väga palju on ordoviitsiumi lademeis brahhiopode (käsi-



107. joon. Tsüstiid *Echinospaerites*. a — terve eksemplar, allosas pinnastruktuuriga. a' ja b — pinna ehitus, liistakud. H. Bekker'i „Ajaloolisest geoloogist“.

m alloomad (*Bryozoa*) kuuluvad molluskilaadsete ehk kombitspärgete hulka (ühes käsijalgsetega). Sammalloomad on pisikesed loomad, kes harilikult koloniaalselt koos elavad, mille üldkuju tuleb meelde sammalt, puu oksid, liistakuid või korratuid kooremoodustisi. Loomakesed peituvad üksikuis väikesis kambrikesis, mis ehitatud sarv- või lubiollusest. Suu ligidal seisavad ripsmetega kaetud haarmed, mille ülesandeks on hingamine ja toidukübemekete suhu juhtimine. Erilist tähelepanu teenivad korallid, kes Eestigi ordoviitiumis esinevad. Et korallid ainult neis meredes suudavad elada, kus vee keskmine temperatuur alla 18°C ei lange, siis on Eestis korallide leidumine tõestuseks, et ordoviitiumi ajastul on siin troopika kliima valitsenud. Limuseist

jalgseid) ja mitmesuguseid trilobiite (106. joon.). Okasnahkseist on esindatud merisiil, meriliilialised ja iseäranis tsüstiidid ehk merikeralised (*Echinospaerites* jt.). Tsüstiidi munakujuline keha koosneb hulgast lubjaliistakuist (107. joon.). Käsiharud ehk haarmed puuduvad neil või on väikesed. Nad olid varrega, mis tihti väga lühike, merrepõhja kinnitatud. Rohkesti on leida brüozooidid ehk sammalloomi. Sam-



108. joon. Ortotseratiidid. a — *Endoceras*, b — *Orthoceras*, a' ja b' — ristlõigud.

esineb rohkesti tigulisi, karbilisi ja peajalalisi. Peajalalisist on leida Eesti ordoviitsiumis ortotseratiite. Ortotseratiidid (108. joon.) on varustatud pika kojaga (lubjast). Koja esimeses osas elas peajalaline, kuna tagumine on vaheseintega kambresse jaotatud. Läbi vaheseinte tungib torusarnane sifon, mille kaudu õhk kambresse pääsis.

3. Siluuri ladestu.

Siluuri ladestu Eestis moodustavad peaaesjalikult dolomiidid, ning selle poolest erinevad siluuri lademed märksa ordoviitsiumi lademeist (viimaseis on dolomiite võrdlemisi vähe). Siluuri ladestu moodustab osa Põhja-Eesti aluspinnal, kusjuures ta algab lõuna pool ordoviitsiumi kihte, mattes enese alla ordoviitsiumi. Siluuri ladestusse kuuluvad Tamsalu ladestu (Juuru, Borealise ja Raiküla lade), Adavere, Jaani ja Saaremaa lade. Siluuri ladestu esineb veel Skandinaavias, Inglismaal, Põhja-Ameerikas ja mujal.

Siluuris leidub rohkesti samu loomade esindajaid, mis ordoviitsiumis (graptoliidid, meriliialised ja trilobiidid). Palju leidub siluuri la-



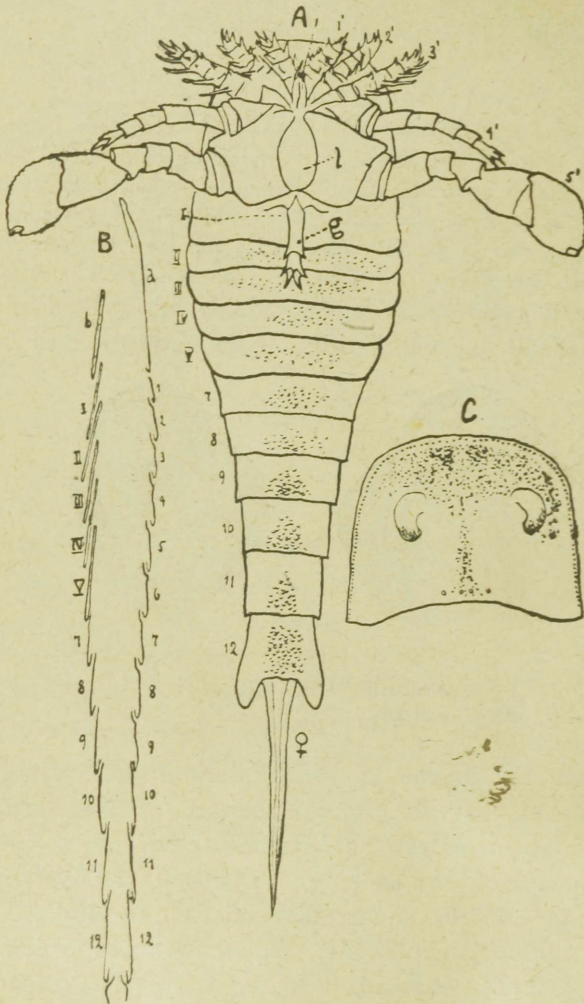
109. joon. Brahhiopoodid. 1 — *Retzia (Homoeospira) evax*. 2 ja 3 — *Pentamerus galeatus*.

demeis ka koralle (Eestiski). Esinevad ka brahhiopoodid ehk käsijalg-
sed (109. joon.) sammalloomad, teod, karbid, peajalalised (*Orthoceras* jt.)
Saaremaa paelademeis leidub sagedasti eurüpterusi (*Eurypterus*, 110.
joon.), kes kuuluvad vähilaadsete hulka ja on välimuselt kaunis skorpioni
sarnased. Tähelepanu väärib siluuri lademeis leiduv hiiglavähk
Pterygotus, kes sagedasti mitme jala pikkune. Siluuri ladestus on leida
ka juba kalade hulka loetavad loomad, kes on hoopis iseäralised.
Nende pea on kaetud luuse kilbiga (kilpkalad).

4. Devooni ladestu.

Devooni ladestus esinevad enamasti liivakivid, siis lubjakivid, dolomiit-lubjakivid
ja kild-savikivid. Settekihtide vahel leitakse sagedasti vulkaanilisi kivimeid, mis tunnis-
tavavad vulkaanide tegevusest. Devooni ladestu esineb Eestis (kesk-devoon), lõuna pool.
Ta piiriks on joon, mis läheb Pärnu ligidusest väikeste kõverustega Peipsi põhjapoolse
otsa ligidale. Selt piirilt alates katab siluuri lademeid punane liivakivi (vilgukivi-rikas)

Devooni liivakivi paljastub paljudes kohtades. Nii näiteks Tartus (Liiva, Mäe, Roosi, Pargi, Vallikraavi tän.), Haaslaval Mõra jõekese ääres, Kambja, Ahja ja Elva jõe ääres ning mujal. Devooni liivakivi vahekihtidena esinevad sagedasti mergel, savi ja dolomiidikihid. Devooni ladestu liivakivi on tekkinud vististi madalais veekogudes, kuhu settis liiv. Mõnede arvamiste järele võis devooni ajastul isegi siin kõrb valitseda. Kilpkalade leidumine liivakivis, samuti ka veerkiivide ja vahekihtide esinemine räägib küll rohkem liivakivi vees tekkimise poolt. Tartu ligi (Tähtveres) on puurimisel 135 meetri sügavusel siluuri dolomiidini jõutud. Eesti kõige lõunapoolsemas osas ning edasi Venemaal ja Latvias esinevad siluuri dolomiit-lubjakivid. Irboska-Dubniiki dolomiit-lubjakivi ja mergli kihtide vahel leidub k i p s i. Need moodustised on tüübilised meresetted, kus palju iseloomulisi keskdevooni mereloomade kivistisi. Peale Eesti on devooni ladestu esindatud Venemaal, Saksamaal (eriti Reini ümbruses), Šotimaal, Ameerikas ja mujal.



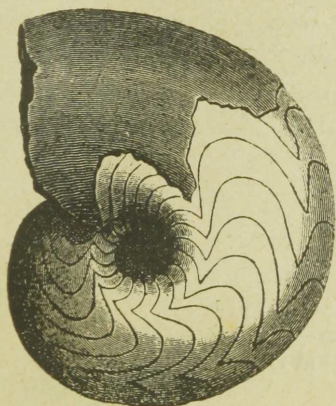
110. joon. *Eurypterus* (A). B — piki-läbilõik, C — pea pealtpoolt. H. Bekker'i „Ajaloolisest geoloogiast“.

meriliialised, käsijalgseid, karbilised (liistaklõpuselised), tigulised (kõhtjalalised). Peajalalisest ilmuvad peale ortotseratiitide kõige lihtsamad a m m o n i i t i d e esindajad (111. joon.). Ammoniitidel on spiraalselt keerus karp ehk koda, kus loom laias osas elab. Suurem osa nende karbist on

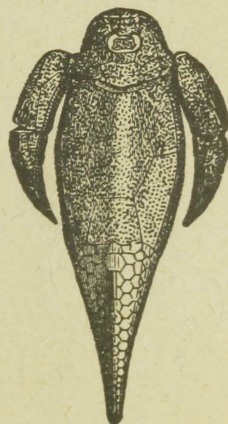
Graptoliite on devoonis vähe leida. Nad surevad juba selle ajastu algusel välja. Devoonis esinevad ka korallid,

võrdlemisi lihtsate vaheseintega üksikuisse kambrikesisse jaotatud (goniatiidid), nagu ortotseratiitidel. Trilobiitide on devoonis vähem kui siluuris. Devoonis esinevad kaunis sagedasti kilpkalad. Devooni kilpkalade keha esimene pool on sümmeetriliselt kaetud hulga suurte luust kilpidega, mille pind on teraline või kühmliline. Suus puuduvad hambad.

Samuti on vähe jälgi leida sisemisest luukerest (osalt kõhre, krõmpsluue). Tagumine kehapool on kaetud soomustega. Uimete asemel on eeskehale kinnitunud tiivalaadsed liigestatud arendid, mis on tegevad olnud põhja mööda liikumisel (*Pterichtys*, *Asterolepis*: 112. joon.). Säärased kalad esinevad ka Eesti

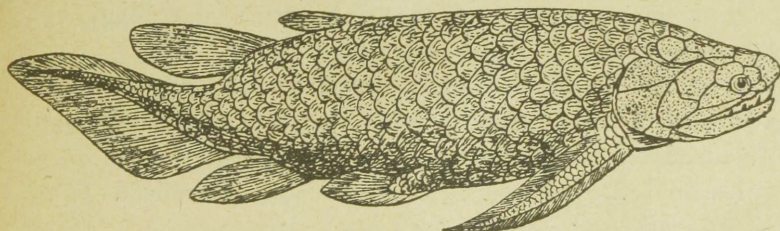


111. joon. Goniatiid *Manticoceras*.



112. joon. Kilpkala *Pterichtys*.

devooni liivakivis. Peale kilpkalade leiduvad devooni lademeis kaladest vaabalised (*Ganoidea*), kellel on juba paarisuimed (rootsuga). Keha on neil kaetud iseloomulise soomusega, suus peituvad väikesed ja suured



113. joon. Vaabaline *Holoptychius*.

(püügihambad) hambad (*Holoptychius*, 113. joon.). Devoonis ilmub juba ka kopskala (*Dipterus*), kes on kopsudega hingamise ja verevoolu suhtes kahepaiksete sarnane (vahevorm).

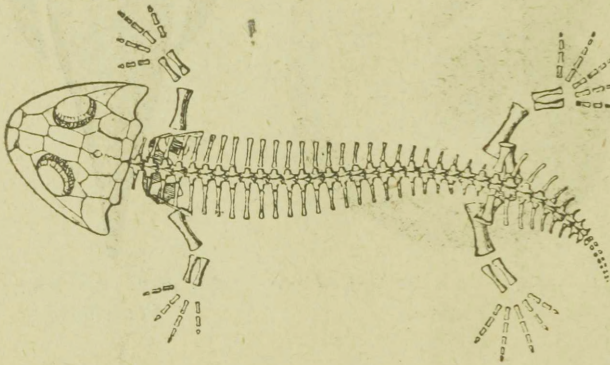
Devooni taimina esinevad eostaimed, nagu kivisöe ajastulgi. Ühes maismaa taimiga leiduvad kuival ka hulkjalgsed, limused ja mõned putukad.

Suanski...

5. Karboni ehk kivisöe ladestu.

Kivisöe ladestu Eestis ei esine. Juba devoonis tõusis Eesti pind merest kuivale ja on kuival püsinud kogu hilisemate aegkondade kestusel kuni praeguse ajani. Karboni kivimid moodustavad liivakivid, lubjakivid, kild-savikivid jt., kus vahekihtidena leiduvad kivisöe kihid. Sagedasti on sette-kivimite vahel vulkaanilisi kivitõugusid. Kivisöe ladestu esineb Inglismaal, Prantsusmaal, Saksamaal (iseär. Reinimaal), Venemaal, Põhja-Ameerikas ja mujal.

Okasnahkseist on oma arenemise haripunktile jõudnud meriliilialised. Brahhiopoodid ehk käsijalgseid hakkavad vähenema. Trilobiidid esinevad veel harvemini, kuna nende kõrval enam on leida teisi vähke, nagu karpvähilisi, lehtjalalisi, kakandilisi ja kümnejalalisi. Palju on lade-



114. joon. Kilppealine *Branchiosaurus*, restaureeritud.

meis limuseid: karbilisi, tigulisi ja peajalalisi (lihtsamaid ammoniite-goniatiide). Ühenduses rikkaliku maismaataimkonna arenemisega esinevad kuival rohkesti huljalagsed, ämbliku- ja skorpionilised (lestalised, ämblik-skorpionilised, skorpionilised ja ämblikulised) ja putukad. Karboni putukad kuuluvad peaaesjalikult sihktiivaliste ja kiililiste hulka, kes esinevad mitmesuguste liikidena. On leitud üks kiililisist, kes on olnud erakordselt suur (tagakeha 28 sm pikk, tiibade pikkus kokku 70 sm).

Selgroolisist esinevad karbonis kalad ja kahepaiksed. Kalust on rohkesti leida krõmpsluulisi, osaliselt luustunud selgroo-lülidega. Need haikala-laadsed on esinenud mitme liigina. Teisist kalust on leida vaabalisi. Karboni kahepaiksed on väga iseäralised (114. joon.). Ehituselt on nad osalt kalade, osalt roomajate sarnased. Selgroog ja pealuu oli neil, nagu vaabalisel kaladel, ainult osaliselt luustunud. Sagedasti olid nad kaetud luust soomustega (harilikult kõhupoolel). Lai lame ja kolmenurgane pea oli tugeva luuse kattega, mis koosnes rohke- maist luust kui harilikult kahepaikseil. Kukla kohal oli pealuus auk, nagu roomajail. Sääraseid kahepaikseid nimetatakse kilppealiskiks.

Karboni taimkond on maismaal väga rikkalik. Selle ajastu eostaimed — sõnajalad, osjad ja karukollad — moodustasid suured metsad.

Selle aja karukollad, millest kõige harilikumad sigillaarid (115. joon.) ja lepidodendrid (rohkesti haruneva tüvega, — 116. joon.), kasvasid mitmekümne meetri kõrguseni. Mõlemil neil olid pikad ja kitsad lehed. Samuti puu suuruseks kasvasid hüiglaosjad kalamiidid ja sõnajalad. Peale eostaimede on aga karbonis ka isesugused paljasseemnelised olemas (palm-sõnajalalaadsed, kordaiitpuud). Kivisöe ajastul ei olnud kliimavööd eraldunud, sest kivisöe lademeid leidub niihästi ekvaatori mail kui ka kaugel põhja pool polaaringi (Teravmägedel, Karu saartel), mis muidugi sellega seletatav, et sealgi oli taimekasv lopsakas. Üldse on selle ajastu kliima soe ja niiske olnud, nii et taimed võisid lopsakalt kasvada.



115. joon. Sigillaar.



116. joon. Lepidodender.

Mereäärseid metsi võis maakera koore vajumise korral vesi üle ujutada, kusjuures meresetted katsid puud oma alla. (Neist tekkis kivisüsi.) Sellega on ka seletatav asjaolu, et kivisöe kihid vahelduvad paljudes maades meres tekkinud vahekihtidega (tüübiliste mereloomadega). Mõnel maal aga vahelduvad kivisöe kihid mageda vee setetega. Nähtavasti on sel ajastul sood ja laguunid suured maa-alad oma alla võtnud.

6. Permi ladestu.

Permi ladestu nimi tuleb vastava Vene kubermangu nimetusest, kus see ladestu tüübiliselt esineb: Permi ladestu moodustavad lubjakivid, liivakivid, dolomiidid, kips, kivisool ja ka kivisüsi. Permi soolalademed ulatuvad kuni üle tuhande meetri paksuseni. Suured permi ajastu kivisoola lademed on Saksamaal (Magdeburg, Stassfurt jt.) ja Venemaal (Orenburi, Harkovi ja Jekaterinburi kubermangus). Soolalademed on tekkinud merelahtede eraldumise ja äraauramise tagajärjel. Sel ajastul on Lääne-Euroopas maakera koort suured vapustused tabanud, mille kaasas käinud tugevad tulepursked. Vulkanilisi kivitõugusid leidub selle ajastu lademeis rohkesti.

Lihtsamaist loomist esinevad tähtsal kohal foraminifeerid, sammalloomad ja käsijalgseid (brahhiopoodid). Koralle ja okasnahkseid leidub võrdlemisi vähe. Permisse esinevad viimased trilobiidid. Limuseist on leida, peale tiguliste ja karbiliste, kaunis rohkesti peajalalisi — ammoniite. Vähid, hulkjalgsed ja putukad erinevad vähe kivisöe ladestu esindajaist. Kõige tähtsamaiks permi ajastu fauna esindajaiks on selgrootulised. Vaabalised ja krõmpsluulised kalad, kilppealised kahepaiksed (*Stegocephali*) on hulga liikidega esindatud. Permi ajastul ilmuvad ka juba roomajad (117. joon.). Mõned selleaegseist roomajaist on sisalikkude sarnased, pika sabaga ja luusoomustega. Pealuus on neil kuklaauk. Roomajad on põlvnenud kilppealisist kahepaikseist.

Paleozoilise aegkonna ülevaade. Vanemais paleozoilisis ladestuis on leida palju vähem loomaseltse kui uuemais. Uuemais ladestuis te-



117. joon. *Plesiosaurus*.

kivad ikka uued ja uued seltsid ja klassid (näit. putukad, kalad, kahepaiksed, roomajad jt.). Tähelepanu väärib asjaolu, et hiljemini esinevad need loomaklassid ja seltsid, kelle seas praegusel ajal leida kõige kõrgemale arenenud loomariigi esindajad (putukad, selgrootulised). Samuti on lugu taimedega. Kõige varemias kihes on leida ainult vetikaid. Hiljemini tekivad maismaa taimed, mis on alguses eostaimed (peaasjalikult karbonis). Alles hiljemini tekivad seemnetega taimed (paljasseemnelised).

Teiseks äratub tähelepanu see, et mitmedki loomade seltsid ja alamklassid esiti vähesel arvul ilmuvad, siis kiiresti suures mitmekesisuses ja arvurikkuses esinema hakkavad ja viimaks jälle hoopis kaovad. Nii ilmuvad trilobiidid juba kembriumis kaunis suurel hulgal. Oma mitmekesisuse ja arvurikkuse suhtes õitsele jõuavad nad ordoviitsiumis ning hakkavad pärast seda vähenema. Permi ajastu alul hävivad nad täiesti. Graptoliidid algavad levimise kembriumis ja tõusevad siis järgnevatil ajastuil õitsele. Devooni algusel aga kaovad nad. Samuti tekivad

kembriumis tsüstiidid ehk merikeralised ja, pärast arvurikast esinemist vahelmisis ladestuis, kaovad kivisöe ajastul. Samuti lühike oli hiiglavähkide iga. Kilpkalad elasid siluuri ja devooni ajastul. Käsijalgsed (brahhiopoodid), keda leida juba kembriumis, jõuavad siluuris oma arenemise haripunktile ja hakkavad siis vähenema, nii et neid juba permis on võrdlemisi vähe. Nii püsivad nad siis tagaplaanil kuni praeguse ajani. Üldse on selle aegkonna loomariigi ja taimeriigi esindajad väga omapärased. Selleaegsed liigid on pea viimaseni välja surnud ja nende asemele on astunud enam või vähem sarnased liigid ja perekonnad. Käsijalgseist on praeguse ajani elus säilinud väga vähesed (*Lingula* kembriumist, ja mõned teised hilisemaist ajastuist). Ka üksikud foraminifeerid, limused ja merisiil *Cidaris* on paleozoilisest aegkonnast praeguse ajani elus säilinud.

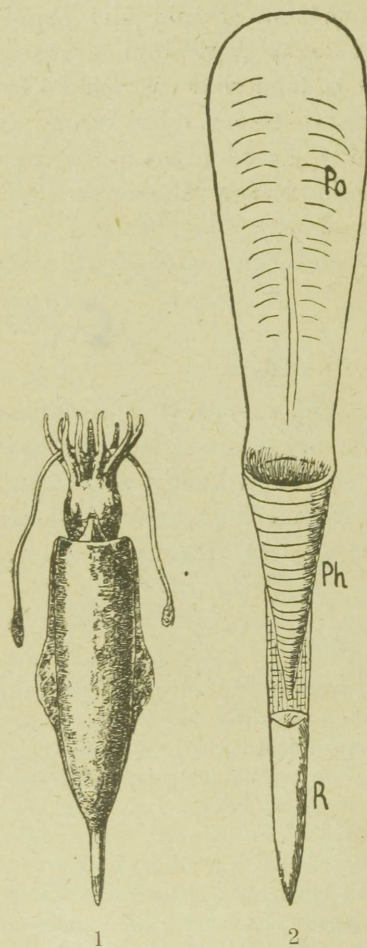
IV. Mesozoiline ladekond.

Kuna paleozoilised kihid on enamasti oma esialgsest horisontaalsest seisukohast ära nihutatud, asetuvad aga mesozoilised lademed enamasti horisontaalselt. Vulkaanide tegevus on sel aegkonnal vähenenud, Lääne-Euroopas pea täiesti soikunud. Mesozoiline ladekond jaotatakse kolme ladestusse, mida nimetatakse (vanemast alates) järgmiselt: triiase, juura ja kriidi ladestu.

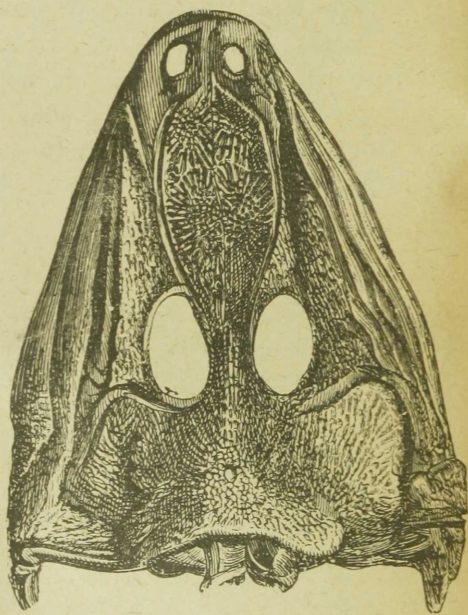
1. Triiase ladestu (triias).

Triias, mis on Saksamaal valitsevaks ladestuks, jaguneb seal selgesti kolme alamossa, misjärele ajastu triiase nime saanud. Saksamaa alam-triiase ladestu moodustab kirju liivakivi (Buntsandstein), kesk-triiase — karbilubi (Muschelkalk), ülem-triiase — peaausjalikult liivakassavised kihid (Keuper). See triias on kontinentaal-sisemere moodustis, kus vähe kivistisi. Karpide kuhjumine on toimunud madalas meres, eriti mereäärtes. Kirju liivakivi on kõrvemoodustis. Samasugused triiase lademed, nagu Saksamaal, leiduvad ka Inglismaal. Alpides ja Vahemere-mail on aga triias hoopis teise iseloomuga. See on ladestu, mis koosneb peaausjalikult lubjakivist, dolomiidest ja kildkivist, kus rohkesti kivistisi. Need lademed on tekkinud süvameres. Sel ajastul on tekkinud ka kipsi ja soola lademed. Samasuguse iseloomuga lademed, nagu Vahemere-mail (Hispaanias, Alpides, Apenniinides, Sardiinias, Karpaatides, Balkanil), on ka Krimmis, Kaukasuses, Armeenias, Väike-Aasias, Põhja-Persias, Buhaaras, siis ka idapoolses Aasias (Himaalajas, Malai piirkonnas). Seejärele kattis sel ajastul meri neid maid, ulatudes Hispaaniast üle Aasia kuni Malai saarteni. Põhja pool seda suurt Vahemerd „Tethys't“ oli Põhja-Atlantika manner, kuhu kuulus Euroopa, Põhja-Ameerika ja Gröönimaa ühes maa-aladega, mis nende vahel asumas ja praegu mere all. Idas asus Hiina-Siberi manner (suur osa Aasiast). Lõuna pool selleaegset Vahemerd oli Gondwanamaa, s. o. ühendatud Aafrika ja India. Gondwanamaa on olnud nähtavasti ühendatud Lõuna-Ameerikaga ja Austraaliaga.

Triiase loomariik erineb õige tublisti paleozoilise ladekonna loomariigist. Paleozoiliste korallide (kiralised ehk nelikorallilised) asemele on tekkinud uued korallid (kuudikkorallilised). Paleozoiliste meriliiliate asemele, kes kaheti-sümmeetrilise või korratu-kiirelise, hulgast liistakuist koostatud karikaga, on ilmunud kiirelise karikaga ja teissuguse liistakute arvu ja asetusega meriliilialised. Brahhiopoodide asemel, kes tagaplaanile jäänud, on valitseval kohal karbilised ehk liistaklõpuselised limused. Väga tähtsal kohal esinevad limuseist ka ammoniidid. Peale ammoniitide on peajalalised esindatud veel belemniiptidega. Belemniiidid olid kümnehaarmelised käsijalgseid, kelle



118. joon. Belemniiit (1). 2 — koda. *R* — tupp (*rostrum*), *Ph* — vaheseintega koja osa (*phragmoconus*), *Po* — õhuke liistak (*proostracum*).

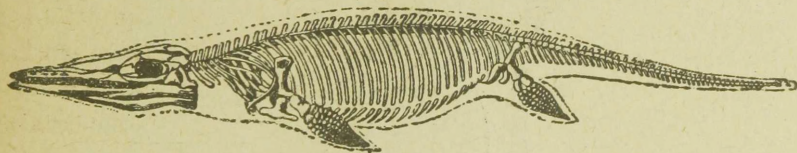


119. joon. Mastodonsauruse pealuu.

kehas oli kolmeosane karp ehk koda. Koja osad olid järgmised: lubjast tupp, koonusekujuline vaheseintega kambresse jaotatud koja osa ja lai õhuke liistak (118. joon.). Varemini olemasolevate kalade sekka

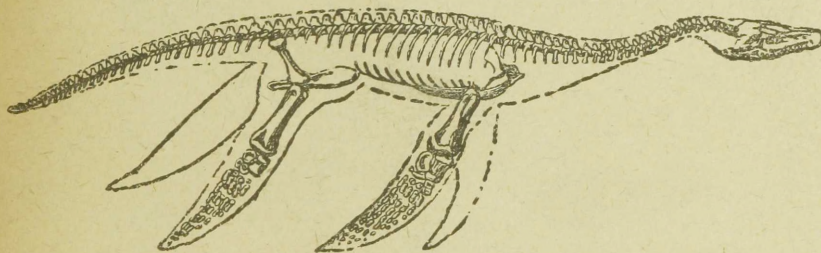
ilmuvad esimesed luukalad. Kahepaiksed olid sel ajastul iseäralised kilppealised, kel puudusid kõhupoolel soomused ja kelle hambad olid seest väga voldilise, labürindilise ehitusega (*Labyrinthodontia*). Nad on olnud väga suured, näiteks pea üksi 1 meeter pikk (*Mastodonsaurus*, 119. joon.).

Roomajad olid permi ajastuga võrreldes väga mitmekesised. Juba triiases leiduvad pea kõigi roomajate seltside esindajad, kes järg-



120. joon. Ihtüosaurus ehk kalasisalik.

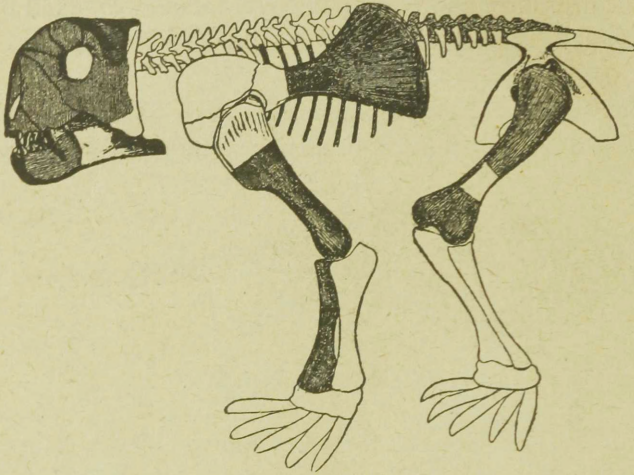
nevais ladestuis väga tähtsale kohale tõusid. Meres elasid suured kalasisalikud, ihtüosaurused (120. joon.), kes väga delfiini ehk pääsukala sarnased oma lühikese kaela ja suure pika pea poolest. Et vanemad roomajad olid maismaa-loomad, siis on ihtüosaurused arenenud maismaa roomajaist. Kogu nende jäsemete ehitus, eriti neis leiduvad luud ja ka õlavöödi ehitus vastab täiesti sisaliku jäseme ehitusele. Meres elasid ka madusisalikud ehk sauropterüügid (121. joon.), väga pika



121. joon. Plesiosaurus ehk madusisalik.

kaela, väikese pea ja lühikese sabaga roomajad (*Nothosaurus*, 3 m pikk). Maismaal elasid mitmesugused roomajad. Üks roomajate selts oli väga imetajate taoline (*Theromorpha*, 122. joon.). Nende pealuu oli kõrgesti võlvitud (mitte lame, nagu harilikult roomajail) ja silmad asetsesid pea küljel. Nad olid roomajate ja imetajate vahelmiseks astmeks. Peale nende leidub aga ka juba praegusaja roomajate sarnaseid esindajaid, nimelt krokodille (*Belodon*, ligi 3 m pikk), hiiglasuured kilpkonnad.

Triiase lõpul surid imetajate taolised roomajad (*Theromorpha*) välja. Ent samal ajal tekkisid teised maismaa roomajad, dinosaurused (*Dinosauria*,

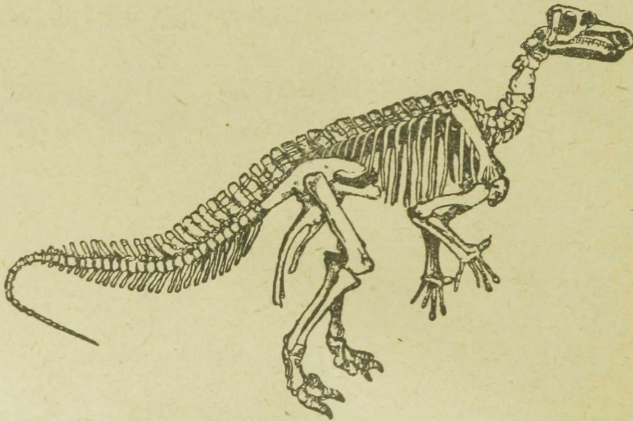


122. joon. Deuterosaurus.

123. joon.). Triiase ladestus leiduvad ka hambad ja alumised lõualuud, mis esimese imetajate, kukkurelajate päralt (hambad kas kolmehambulised ja kolmekümmulised või paljukümmulised).

Triiase taimestus esinevad osjad ja sõnajalad. Paljasseem-

nelisist on leida sõnajalaliste palmide sarnaseid taimi ja okaspuid, mis on olnud iseäralise ehitusega ja hiljemini hävinud.



123. joon. Dinosauruseline iguanodon.

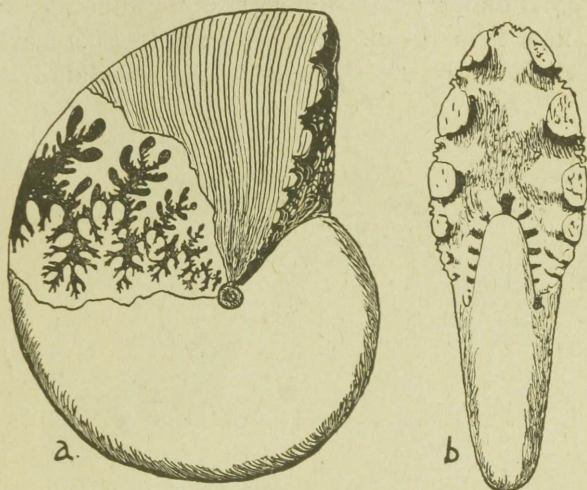
2. Juura ladestu (juura).

Juura ladestu nimi on tulnud Šveitsi Juura mäestikust, kus see ladestu väga tüübiliselt esineb. Selle ladestu kivimid on väga mitmekesised — savi ja liivakihid, liivakivid, lubjakivid, dolomiidid, merglid, kildkivid jt. Peale Lääne-Euroopa (Saksamaa,

Inglismaa, Prantsusmaa jt.) esinevad juura lademed väga laial maa-alal Põhja- ja Kesk-Venemaal.

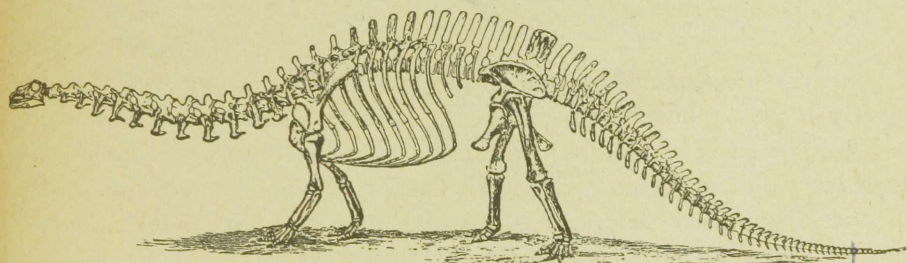
Juura ajastu on väga rikas madalamaist loomist. Käsna ja korallid moodustavad suuri saari. Koralle leidub lõunapoolsemais meredes, mis selle poolt räägib, et juura ajastul juba kliimavööd on olnud eraldunud.

Okasnahkseist astuvad seni valitseval kohal olevate meriilialiste kõrvale merisiilikulised. Sel ajastul toimus varemini ainuüksi esinevate kiirsümmeetriliste merisiilikute üleminek kaheküljelisiks. Juura ajastusse langeb ammoniitide õitseage, millal neid väga suures mitmekesisuses leida.



124. joon. Ammoniit *Phylloceras*. *a* — pealt, *b* — eest. Sõnajala-lehe laadsel alal puutub vahesein-koore külge (õmblus); sellelt kohalt koor eemaldatud.

Vaheseina ja koja kokkupuutumise-ala on ammoniitidel sagedasti väga keeruline (124. joon.). Ülirohkesti on juuras ka] belem-



125. joon. Brontosaurus.

niite. Peale belemnitiide on juuras leitud teisi kahelõpuselisi peajalalisi, kes erinevad belemnitiidest isesuguse sisemise koja ehitusega ja tindikoti olemasolu poolest (seepia- ja kalmaarilaadsed peajalalised). Mõnes lademes leitakse ka rohkesti vähksid ja putukaid.

Juura kalad on üldiselt samad, mis triias. Kilppealisi kahepaikseid juuras enam ei ole. Kõige iseloomulikum juura ajastule on roomajate suur rohkus. Nii suurel hulgal ei ole roomajaid üheski teises ladestus olemas. Ihtüosaurused ehk kalasisalikud ja plesiosaurused (madusisalikud, sauropterüügid) on oma arenemise haripunktil. Suuremad ihtüosaurused olid kuni 9 m pikad. Plesiosaurused, pika kaelaga veeromajad, olid 3 kuni 5 m pikad. Rikkalikult olid esindatud ka kilpkonnalised,



126. joon. Lendsisalik *Rhamphorhynchus*. 1 — restaureeritud, 2 — luukere.

krokodilid ja dinosaurused. Dinosaurused olid enamasti väga suured, pika sabaga sisalikutaolised loomad. Aju oli neil erakorraliselt väike. Mõnel neist oli ristluude kohal tublisti paksendunud seljaüdi. Stegosaurusel on seljaüdi kanal isegi suurem kui ajuruum (ühendus tugevasti arenenud tagumiste jäsemetega).

Dinosaurused on olnud suuremalt jaolt rohusööjad, osalt aga kiskjad (*Theropoda*). Viimaseil olid eesmised jalad väikesed, tagumised aga pikad ja tugevad. Kiskjad dinosaurused olid võrdlemisi väikesed, kassist elevandi suuruseni. Rohusööjate dinosauruste suurus on aga otse üllatav. Nii näiteks on brontosaurus (125. joon.) kuni 23 meetrit, atlantosaurus kuni 40 m pikaks kasvanud. Selle ajastu roomajad on õhuvaldagi tunginud. Need lendavad roomajad ehk pterosaurused on olnud varustatud eesmistega jäsemetega ja kere külge kinnitatud lendamisnahaga (126. joon.). Tähtsaks lendamisnaha toeks oli väga pikk äärmine viies sõrm; teised sõrmed olid lühikesed, vabad, küüntega varustatud (abiks ronimisel ja käimisel). Lendavad roomajad on olnud enamasti väikesed (varblase, tuvikese

suurused), ent on isegi sääraseid hiiglasi olnud, kelle pealuu üksi 1 meetri pikkune.

Iseäralist tähelepanu väärib Baieri Solnhofeni lubjakivist leitud kõige vanem lind, ürglind (*Archaeopteryx*). *Archaeopteryx* (127. joon.) on küll ol-

nud sulgedega kaetud, ent tal on veel mitmed roomajate tunnused. Nii on tal, otsekui roomajail, hammastega varustatud lõualuud; tiiva kolm sõrme on vabad ja küüntega varustatud; saba on pikk ning hulga luust lülidega. Juura la-

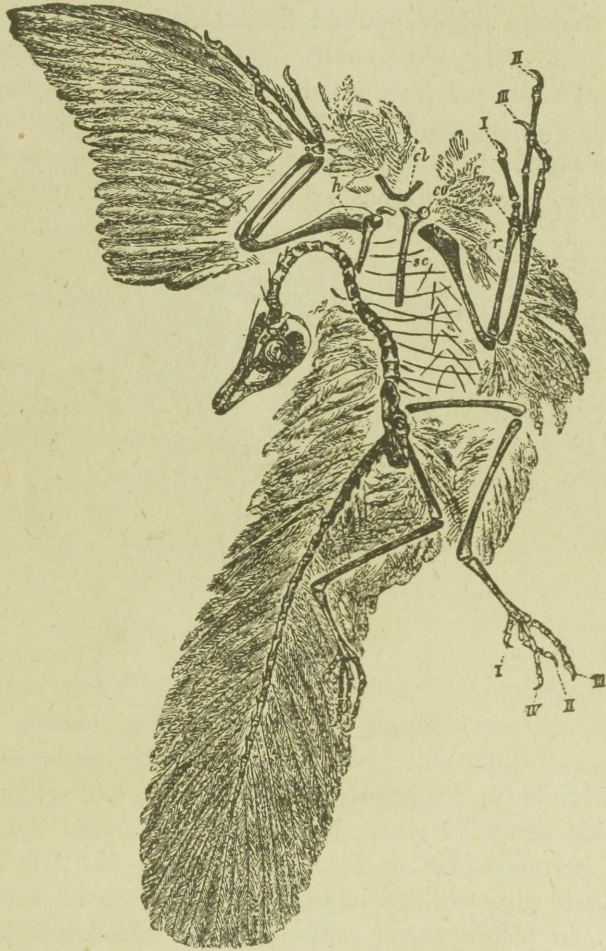
destus leiduvad primitiivsed imetajad, hulkühmuliste hammastega. Taimist esinevad sel ajastul osjad, sõnajalad, palm-sõnajala-sarnased paljas-seemnelised ja okaspuud. Loendatud taimestu on moodustanud kohati kivi-sõe kihid (Saksamaa).

3. Kriidiladestu.

Kõige esmalt tutviti ligemalt kriidi lades-

tuga Inglismaal, kus alam-kriidi ladestiku moodustavad savid ja liivad, ülemkriidi ladestiku — roheline liiv ja kirjutuskriit, millest ladestu oma nime saanud. Kriidi ladestud leiduvad peaaegu kogu Lääne-Euroopas ja Lõuna- ning Kesk-Venemaal.

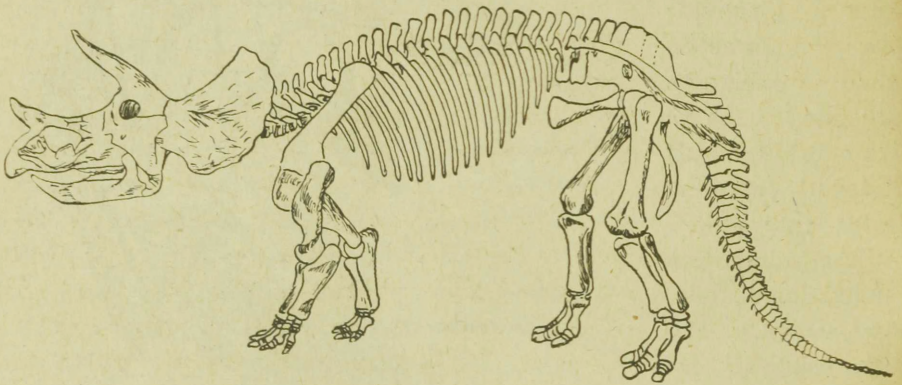
Kriidi ajastul on juba kahtlemata olnud eraldatud kliimavööd, sest põhjamaade fauna erineb lõunamaade omast. Nii puuduvad põhjamail



127. joon. Ürglind *Archaeopteryx*. Jäljend kildkivil.

korallehitusi (rahusid, saari) moodustavad korallid. Erinevad üksteisest ka Põhja- ja Lõuna-Euroopa limused. Põhjapoolseil mail on puutüvedel aastarõngad olemas, ent lõunamail (Egiptuses) mitte. Nähtavasti on aga põhjamaade ja lõunamaade kliima teataval määral (võib olla ajuti) varemingi lahku läinud. Nii on juba permi ajastu puudel keskvvõo mail aastaringe tähele pandud (Falklandi saartel).

Madalamaist loomist on kriidi ladestus foraminifeerid, käsnad ja merisiilikulised aruurikkalt esinemas. Ainuraksed foraminifeerid ongi oma kojakestega kriidi moodustanud. Kriidi ladestu ammoniidid on sagedasti väga ilusa kojaga. Niihästi ammoniitide kui ka belemnii-tide olemasolu lõppes kriidi ajastuga. Kalade seas ilmuvad esimesele



128. joon. *Triceratops*.

kohale luukalad. Nad on väga sarnased praegusaja kaladega. Kriidi ladestus on rohkesti roomajaid, kelle olemasolu on lõppenud selle ajastuga. Ihtüosaurused (kalasisalikud), madusisalikud (plesiosaurused) ja lendavad roomajad (pterosaurused) olid olemas. Dinosauruseist on leida mõned iseloomulised esindajad, nagu *Iguanodon* (123. joon.) ja *Triceratops* (128. joon.). *Triceratops*'i üle 2 m pikal pealuul asetsevad pikad sarvetaolised kujundid. Meres elasid suured madulaadsed roomajad (*Mosasaurus*). Maolised ilmuvad kriidi ladestus esimest korda. Kriidi ladestus on leida ka iseäralisi hammastega linde (*Hesperornis*). Põhja-Ameerikas on leitud rohkesti linde, kes ainult väga vähe erinevad praegusaegseist. Imetajaist on leida kaunis vähe jälgi. Esinevad hulkkühmuliste hammastega imetajad (*Multituberculata*).

Alam-kriidi taimed on samasugused nagu juura ladestus: sõnajalad, okaspuud, osjad, sõnajalalised palmid. Okaspuist on leida sel ajastul juba kuuski ja küpresse, mis praegusaja esindajate sarnased. Ülem-

kriidi ajastikul ilmuvad aga suurel arvul kaetudseemnelised taimed ehk õistaimed, kellest paljud perekonnad praeguse ajani elus säilinud. Palmid, loorberilised, magnooliad, pöökpuud, tamm, kask, vaher, paju jt. on kriidi lademeis olemas.

Mesozoilise aegkonna ülevaade. Mesozoilisel aegkonnal tekkis hävinud paleozoiliste vormide asemele hulk uusi (iseäranis ammoniite ja roomajaid). Mesozoilise aegkonna lõpul aga hävivad paljud seni valitsenud loomade seltsid. Ammoniidid, kes tekkisid lihtsamate vormidena devoonis, jõudsid juuras arenemise haripunktile, ent kriidi ajastuga lõppes nende olemasolu. Ammoniidid esinesid suures vormirikuses: neid on leitud ligi 5000 liiki. Belemniidid tekkisid triiasest ja hävisid mesozoilise aegkonna lõpul. Ainult neile sugulasvormid on hiljemini esinenud. Arvuliselt ja mitmekesisuse poolest astuvad esimesele kohale merisiilikulised (eriti kaheküljelised), siis molluskid ja luukalad. Limuseist tekib rohkesti tigulisi ja karbilisi. Roomajad olid selle aegkonna kõige iseloomulisemad, suuremad ja tugevamad loomad, kes olid vallanud mered, maismaa ja õhu. Roomajate mitmekesisus algab triiasega, mil tekivad mitmesugused seltsid: ihtüosaurused (kalasikalikud), sauropterüügid (madusikalikud), dinosaurused. Permi ajastul esinesid alles vähesed roomajad (imetajatelaadsed ja nokkpealised), kes osalt mesozoiliseski ladekonnas leiduvad. Hiljemini teisist seltest tekitavad lendajad roomajad (juuras). Kõik loendatud roomajate seltsid hävisid kriidi ajastu lõpuks. Ürglindu (*Archaeopteryx*) on leitud ainult juura ladestus. Teised, triiasest esinevad hammastega varustatud linnud on samuti välja surnud. Praeguse ajani on elus püsinud roomajaist ainult kilpkonnade (kõige vanemad iseäralised vormid triiasest ja juuras), krokodillide (esimesed triiasest), sisalikkude (kriidist saadik) ja maoliste (kriidist alates) esindajad, kes osalt ainult vähe praeguse ajani muutunud. Mesozoilist aegkonda iseloomustavad roomajad.

Nagu fauna, nii muutus mesozoilises aegkonnas õige tublisti ka flora. Puusarnaste eostaimede asemele astuvad ikka enam ja enam sõnajalalised palmid, okaspuud ning kriidi ajastust peale õistaimed, lehtpuud, kes tõrjusid eostaimed hoopis tagaplaanile. Erisihes spetsialiseerunud organitega loomad ilmuvad hilisemal ajastul. Näiteks ilmuvad õhueluks kohastunud organitega roomajad (tiivsisikalikud ehk pterosaurused) alles juura ajastul, kuna juba permis roomajaid olemas oli.

Katteseemnelised ehk õistaimed (tekivad kriidist) seisavad okaspuudega võrreldes kõrgemal astmel: neil on juba mitmeti spetsialiseerunud ehitusega õied ja seemned on kaetud.

V. Kainozoiline ladekond.

Kainozoilise aegkonna alguseks on jälle suuremad fauna ja floora ümberkujundumised toimunud. Tekivad ikka enam ja enam praegusaegsed organismid. Selle aegkonna settekihid on vähem tihedad: muredad ehk kergesti pudenevad lubjakivid, savid, liiv, merglid, kruus. Kainozoiline aegkond jaotatakse tertsiaär- ja kvartaärladestuiks, mis omakorda jagunevad üksikuiks ladestuiks.

Tertsiaärladestud.

Tertsiaärladestud on, vanemaist alates, järgmised: paleotseen, eotseen, oligotseen, miotseen ja pliotseen. Osa uurijaid ei eralda paleotseeni eotseenist, kusjuures need ladestud kannavad eotseeni nime. Need ladestud eraldatakse neis esinevate praegusajani elavate limuste liikide arvu järele. Nii on eotseenis veel väga vähe nüüdseid limuste liike (3,5%), oligotseenis ja miotseenis juba rohkem, pliotseenis aga suur hulk (35 kuni 95%).



129. joon. Nummuliidid.

Paleotseen, eotseen ja oligotseeni ladestu — on suuremalt osalt madalmere, rannikute ning mageda ja mahkja vee setted. Kõige varemni uuriti neid Prantsusmaal, siis Inglismaal, Itaalias ja mujal. Oligotseenis kattis meri Põhja-Saksamaa, Apenniini ja Balkani poolsaared, Poolamaa, Ukraina, Lõuna-Venemaa ja suure osa Kesk-Venemaa.

Paleogeen — paleotseeni, eotseeni ja oligotseeni ladestu — on suuremalt osalt madalmere, rannikute ning mageda ja mahkja vee setted. Kõige varemni uuriti neid Prantsusmaal, siis Inglismaal, Itaalias ja mujal. Oligotseenis kattis meri Põhja-Saksamaa, Apenniini ja Balkani poolsaared, Poolamaa, Ukraina, Lõuna-Venemaa ja suure osa Kesk-Venemaa.

Paleogeenladestuis on veel rohkesti omapäraseid loomade perekondi ja liike, mis praeguse ajani ei ole alal püsinud. Vanemais kihes leidub väga rohkesti suuri foraminifeere (nummulite, 129. joon.) ja ka merisiilikulisi. Ammoniidid puuduvad täiesti, belemnitiidest on leida üksikuid eelmisist erinevaid järglasvorme. Putukate kõrvale, kes juba varemis ladestuis esinesid, ilmuvad veel liblikad ja mesila-

se d¹). Arvatavasti on nad juba kriidi ajastul tekkinud (ühes õistaimedega), ent nende säilimistingimused olid siis halvemad. Kümnejalalised vähid ja luukalad on rohkesti esinemas. Kõige iseloomustavam on paleogeen-seile ajastuile mitmekesiste imetajate tekkimine. Paleotseenis leiduvad veel primitiivsed imetajad hulkkülmutiste hammastega. Kukru-lised olid niihästi Austraalias ja Ameerikas kui ka Vanas Ilmas olemas. Kõige tähtsamale kohale astuvad aga uued platsentalised imetajad. Paleogeeni imetajad on veel primitiivsed ja kollektiivsed tüübid, milli-seist hiljemini teised arenesid. Nii näiteks on paleotseenis kabjalised viiesõralised loomad. Alles eotseenis on juba sõralised ja päriskabja-lised selgesti eraldunud. Kiskjad (*Creodontia*) olid ilma arenenud kihvadeta ja väikese ajuga. Peale mainitud seltside on juba paleogeenis leida londilisi, vaalalisi, käsitiivalisi, putuktoidulisi, närijaid, poolahve ja pärisahve. Üldiselt aga erinevad paleogeeni imetajad veel õige tublisti oma vormilt ja ehituselt praegusaegseist ja nende seas leidub sagedasti vahepealseid vorme, kel mitme seltsi tunnused.

Lõuna- ja isegi Kesk-Euroopas on paleogeenis (eriti eotseenis) kasvanud palmid (kookos, datlipalmid), magnooliad jt. troopikalised vormid, mis tõestab, et sel ajal on Euroopas valitsenud troopikaline kliima. Rohkesti on leida mitmesuguste lehtpuude kivistisi (tamm, vaher, jalakas, viigipuu, loorber jt.).

Neogeeni moodustavad miotseen- ja pliotseenladestu. Peaasjalikult miotseenis toimus Euroopa mägede tekkimine ja ühenduses sellega on toimunud elav vulkaanide tegevus. Ladestud on moodustatud savidest, liivadest, mergleist, lubjakivist ja ka pruunsöest. Neogeenis on mandrid ikka enam ja enam praegusaegsete mandrite kujule lähenenud. Kliima muutus neogeenis juba järk-järgult jahedamaks kui paleogeenis. Korallisaared on ainult lõunapoolseis lademeis (lõuna pool Malta saarest) ja palmid kadusid Kesk-Euroopast.

Imetajate mitmekesisus suureneb neogeenis. Neogeenis on leida mitmed londilised. Dinoteerium, kes oli suurem elevandist, oli varustatud alumisse lõualuusse kinnitatud tugevate kihvadega. Mastodonil olid tugevad kihvad ülemises ja ka alumises lõualuus. Pliotseenis ilmusid ka juba elevandid. Kabjalisist väärib iseäralist tähelepanu *Anchitherium* (miotseenis), kolme varbaga umbes lambasuurune hobuse esiisa.

1) Paljud putukad on väga hästi alal hoidunud merevaigus (*Pinus succinifera*, merevaigu männi vaigus).

Pliotseenis leiduvad kolmevarbalise kabjalise *Hipparion*'i luukered, keda ka loetakse hobuse eelvormiks. Peale selle esinevad ninasarvikud, jõehobu, kaamelid, kaelkirjakud, põdrad, antiloobid. Esimesil sarvedega põdralisil (ülem-miotseenis) on sarved veel väikesed, mõne üksiku lühikese haruga. Alles hiljemini (pliotseenis) tekivad enam hargnevate ja pikemate sarvedega vormid. Kiskjad olid varem neogeenis veel segatüübid, hüäänide, viverride ja karude sarnased.



130. joon. Mõõkhammastiigri (*Machairodus*) pealuu.

Alguses esinevad vormid on lühikeste jalgadega ja nende seas on näiteks koeri ja karusid raske eraldada. Alles hiljemini tekivad päris hüäänid, kassid, koerad ja karud. Ühel kassivõi tiigrisarnasel neogeeni kiskjal, mõõkhammastiiger (*Machairodus*, 130. joon.) olid ülemised kihvad väga suureks, mõõgalaadseks kujunenud. Lõuna-poolkeral, iseäranis Lõuna-Ameerikas elasid peaasjalikult kukrulisid ja närjaid. Neogeenis ilmuvad ka vaalalised suuremal

hulgal, kuna eotseenis esines üks perekond (*Zeuglodon*), kes on välja surnud. Neogeenis on leitud ka inimesesarnaseid ahve.

Kvartäärladestud.

Kvartäärladestute hulka kuuluvad kõige uuemad lademed, mille tekkimine praegugi veel jätkub. Kvartäärladestud jaotatakse omakorda vanemaks — diluuviumi, ja uuemaks — alluuviumi ladestuks.

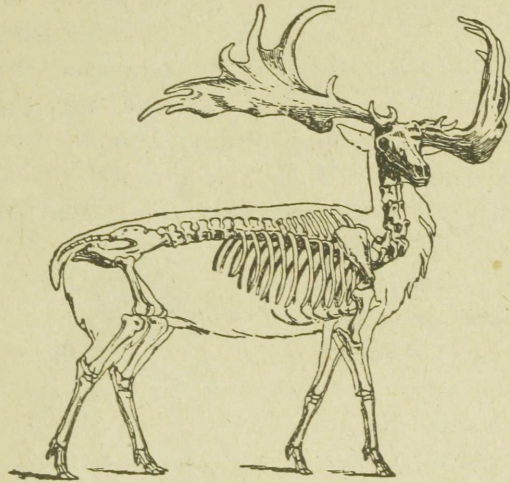
Diluviaal- (pleistotseeni) ladestu ehk diluuvium.

Selle ladestu moodustavad peaasjalikult liiva ja savi setted. Liivas leidub sagedasti munakaid ja suuremaidki kive. Sel ajastul on praegune maakera geograafiline ilme kujunenud, nii et hiljemini ainult võrdlemisi väikesed muutused on toimunud. Nii on veel Inglismaa Prantsusmaaga kokku puutunud, Malta ja Sitsiilia on ühendatud olnud Aafrikaga ja Must meri on puudunud. Diluuviumile on väga iseloomuline suur temperatuuri langemine, mis on kogu maakeral avaldunud. Selle tagajärjeks olid jääaja ja d. Jääaeg ei ole nähtavasti mitte järsku tekkinud: juba pliotseeni lademeis leitakse alalist põhjapoolsete molluskide arvu rohkenemist. Diluviaal-ajastu alguseks langes temperatuur niivõrt, et kõrgemal mägedel tekkisid sademeist suured liustikud, mis aegamööda katsid kogu põhjapoolse Euroopa ja Põhja-Ameerika. Põhja-Saksamaa, Skandinaavia, Soome, Eesti, Läti, Leedu, Põhja- ja Kesk-Venemaa olid kaetud paksu jääkihiga. Ka Alpid ja Lõuna-Ameerika mäed on olnud kaetud jääga. Liustikud murdsid mägedelt kaljutükke lahti, hõõrusid kaasasveetavate kaljurahnudega ja kividega aluspinda,

mille tagajärjel purustati kõvad kiviliigid. Pärast jää sulamist langes kaasakantud kivi-rusu kaugel eemal aluspinnale, luues moreenmoodustisi (liivakingud, liiv, sav). Kliima on diluviaal-ajastul korduvalt soemaks ja külmemaks muutunud, mille tagajärjel on olnud mitu jääaega. Jääaegu on olnud vähemalt neli. Diluuviumi hulka kuulub ka osa aega, mis järgnes viimasele jääajale. Jääajast järelejäänud mageda vee kogudes hakkas tek-kima turvas.

Külmad ajajärgud ja põhjamaade jääkate avaldasid suurt mõju taimisse ja loomisse. Loomad on külma mõjul kattunud tiheda karvaga. Nii oli mammutil, Siberi ninasarvikul ja muskushärjal, kes põhjamaail elasid, keha kaetud tiheda ja pika karvaga. Üldse on diluuviumis juba esinemas pea kõik loomade perekonnad, kes nüüdsel ajal elamas.

Diluuviumi ajastul elasid kabjalisist hobused, põdrad, kaljukitsed, mets-härg, pühvlihärg, kaamelid, jõehobud jt. Hiiglapõder (131. joon.), kes on välja surnud, oli väga suurte sarvedega (2 kuni 3,5 meetrit laiusulatus). Hiiglapõdra luukered on väga hästi lirimaa rabades säilinud. Diluuviumile iseloomulised on ka koopakiskjad, nagu koopakar, koopalõvi ja koopahüään. Need on elanud peaaesjalikult kaljude koopais. Ka nemad on välja surnud.



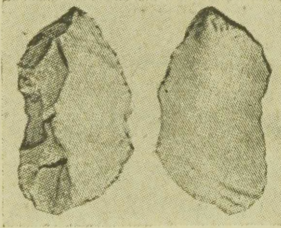
131. joon. Hiiglapõder (*Cervus giganteus*).

Hunt ja jäärebane on ka diluviaal-ladestus leida. Diluuviumi ajastul on ka mitmesugused närijad elanud, nagu nimelt lumejänesed, tipphiired, lemmingud ja kobrased.

Diluviaal-ajastust saadik on leida kahtlemata kindlaid inimese jälgi, luudena ja mitmesuguste tarberiistadena. Osa teadlasi arvavad, et inimene on tekkinud juba tertsiäärastute teisel poolel (neogeenis). Ainukeseks selle arvamise põhjenduseks on isesugused, neis lademeis leiduvad ränikivid. Neil kivil on teravad ääred, mis, nagu arvatakse, kildude äralöömise teel saavutatud (eoliidid, 132. joon.). Diluviaal- ehk pleistotseeni ladestus leitakse mitmesuguseid kivist tarberiistu, mille ääred kildude äralöömise teel teravaks tehtud. Kivid on juba niiviisi tahatud, et pole võimalik kahelda nende kunstlikus valmistuses (133.

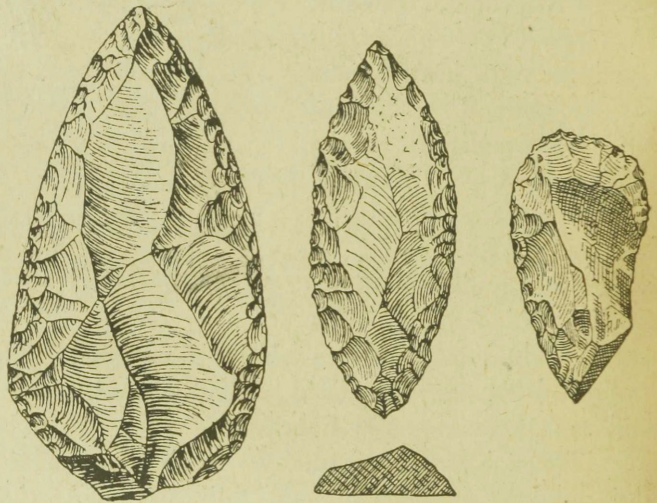
joon.). Inimese kivistunud luid leitakse aga väga harva, iseäranis varem diluuviumis.

Aega, mis vältas kuni viimase jääaja lõpuni, nimetatakse vanaks paleoliitiliseks ehk vanaks kiviajaks. Sellest hilisemat aega kuni alluuviumi alguseni nimetatakse uueks paleoliitiliseks ajaks ehk ka mesoliitiliseks (kesk-kivi-) ajaks. Vanal paleoliitilisel ajal on kiviriistad veel võrdlemisi lihtsalt valmistatud. Kõige tähtsamaks selle aja riistaks on olnud peoga kinni hoitavad kivikirved, milliseid on tarvitatud igasuguseks otstarbeiks. Need olid kirved laia aluse, teravama otsa ja teravate äärtega. Külmemail ajajärgel on eelajalooline inimene enesele elamuks üles otsinud koopad, kus leidub ka luid, riistu ja toidujäänuseid. Uuel paleoliitilisel ajal on kiviriistad juba peenemini välja töötatud ning üldse on riistad mitmekesisemad. Ränikivist on, peale käsikirveste, valmistatud pikad ja kitsad noad (134. joon.), mis väga hästi tahutud. Samuti kivist on valmistatud ka odaotsi. Esimest korda tekkivad ka kõik-sugused luust valmistatud asjad, nagu odaotsad, nõelad, naasklid jt. Luust on valmistatud ka kunsti- ja iluasju



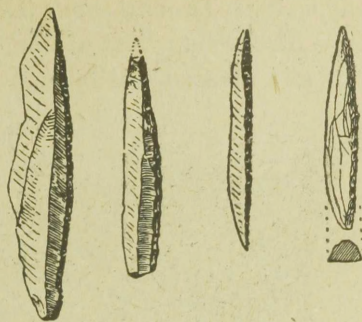
132. joon. Eoliidid.

(kaelaehthed jne., 135. joon.). Mitte üksnes nikerduskunst, vaid teisedki kunstiharud on selleaegset inimest vullanud. Luude peale on lõigatud mitmesuguste loomade kujundeid. Koobaste seintele on tähtsad loomade kujundeid (136. ja 137. joon.), maalitud — värvidega — loomi, nagu mammut, hobune, muskushärg, põder jt.



133. joon. Kivikirved Le Moustier ajajärgust.

Vanemast diluuviumist on leitud vähe inimese kivistisi. Nii näiteks on leitud üks alumine lõualuu, mis on paks ja massiivne, nagu ahvil, ent hambad on säärase ehitusega nagu inimesel (Heidelbergi inimene, 138. joon.). Nii pole selle lõualuu silmahambad pike-mad teisist, nagu see on ahvel. Rohkem on leitud Neandertali inimese kivistisi (mitmes kohas). Neandertali inimese pealuu on madala ja lameda (tugevasti tahapoole kõrgeneva) otsaesisega, tugevate silmalau-kaartega ja suurte ümmarguste silmakoobastega (139. joon.). Alumine lõualuu on suur,



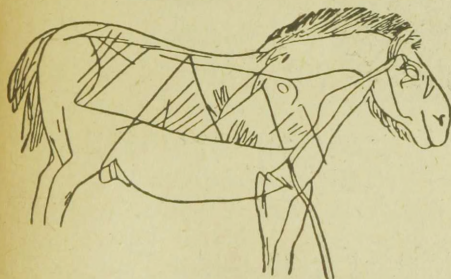
134. joon. Kivinoad Aurignac'i ajajärgust.



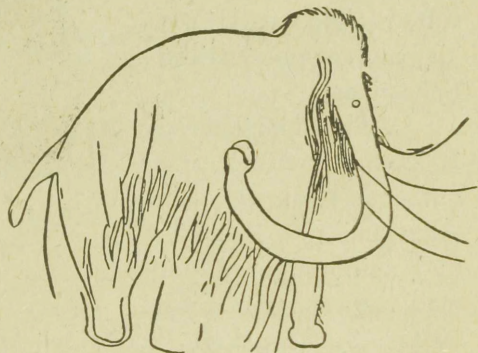
135. joon. „Ilustatud kepp“ põdrasarvest, hobuse kujunditega (La Madelaine koopast).

ulatus. Inglismaal on leitud inimese tüüp ilusate, kergesti ehitatud lõualudega, ilma lõuaotsata, ahvilaadselt etteulatuva suuosaga ja silma-

kõrge ja tal puudub lõuaotsa etteulatuv osa. Kõik see annab pealuule veel väga loomalise ilme, mis eriti seeläbi suureneb, et lõualuude suuosa märksa ettepoole

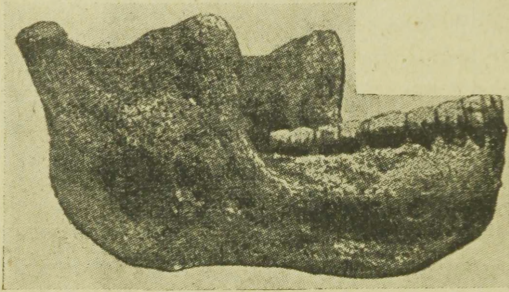


136. joon. Hobuse joonis, Combarelles'i koopast.



137. joon. Mammuti kujund, kivisse lõigatud.

hammastega (*Eoanthropus Dawsoni*). Cro-Magnon'i tüüpi inimesel on kõrge otsaesine. Sest näeme, et diluuviumi inimesel on veel rida tunnuseid, mis omased madalamal arenemise astmel olevaile loomile, eriti



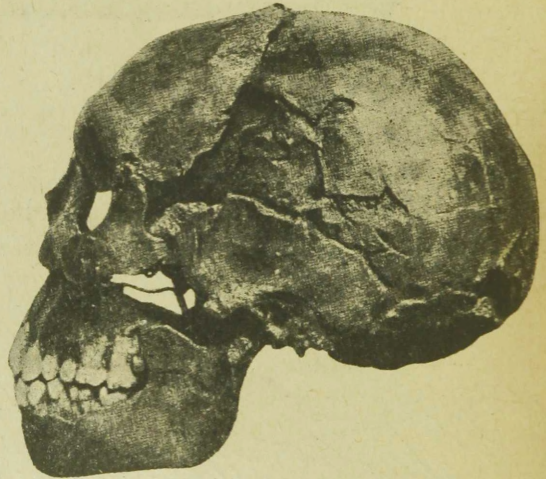
138. joon. Alumine lõualuu (*Homo heidelbergensis*).

ahvele. Inimesed ja ahvid on tekkinud ühest tüvest ehk ühiseist esivanemaist. Erinemine on toimunud igatahes varakult, võib olla juba tertsiäärajastu lõpul (neogeenis). Paleoliitiline inimene on end peaaesjalikult jahist ja kalapüügist elatanud. Külma eest on teda kaitsnud nahad.

Alluuvium.

Alluuvium on kõige uuem ajastu, mis künib praegusesse aega. Alluuviumi lademetekkimine jätkub alaliselt. Vesi, jää, tuul ja organismid on tegevad nende ladestute moodustumisel, kusjuures tekivad liiv, kruus (vees kui ka kõrves), savi, lubjakivi-moodustised (korallid), lubjasetted (algloomad), turvas ja moreenmoodustised (mäestikes).

Alluuviumi taimestik ja loomastik erineb praegusaegsest ainult vähe. Alluuviumiks on välja surnud mitmesugused loomad, nagu mammut, Siberi ninasarvik, koopakaru, koopalõvi, koopahüään ja hiiglapõder.



139. joon. Neandertali-tüüpi inimese pealuu (*Homo mousteriensis*).

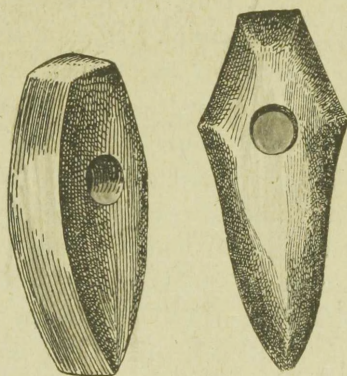
Kultuur on alluuviumis juba kõrgemale järjele tõusnud. Kiviriistad on varem as alluuviumis, n. n. neoliitilisel ehk uuel kiviajal

suuremalt osalt siledaks lihvitud (140. joon.). Kivist on juba hoopis ilusad kirved valmistatud, millele pealegi vars taha pandud. Tähendab, et selle aja inimene oskas juba kivisse auku puurida. Varemigi (neoliitilise aja alupoolel) valmistas inimene varrega kirveid, ent need olid seotud varre külge. Neoliitiline inimene on juba koduloomi pidanud ja põlluharimisega alguse teinud. Ka õppis ta taimekiududest riideid valmistama. Toiduainete alalhoidmiseks on ta juba savist nõusid valmistanud. Sõjariistaks on uue kiviaja inimesel olnud vibu. Öitsele lõõnud hilisemal uuel kiviajal (umbes 4000 a. enne Kristust) valmistati ka juba vaiehitusi, mis on ehitatud järvepõhja püstitatud postidele.

Uuele kiviajale järgnes pronksi-aeg, millal inimene õppis vasekivist vaske sulatama ja sellest mitmesuguseid tarberiistu valama. Pronksist riistadega oli palju kergem puust valmistada kõiksuguseid tarbeasju. Üldse on metallide tarvitusele võtmine väga palju edendanud ehituste, põllutööriistade, jahija kaitse-abinõude ning kõiksuguste tarberiistade valmistamist. Hiljemini astus pronksi asemele raud. Varem al raua-ajal valmistati rauast tarbeasju sula raua vormidesse valamise teel. Hilisemal raua-ajal õpiti raua taguma. Metallide tarvitamise oskus on üldiselt olnud üheks väga tähtsaks inimese edu tingimuseks.

Algusest saadik on inimene ühiskondadena elanud. Ühisel jõul suudeti kiskjaist võitu saada ja elada, vaatamata oma loomu poolest kaitsetule kehaehitusele. Üheskoos elamise tagajärjena võis areneda materjaalne kultuur, ent ühes sellega ka vaimlised võimed, eriti rääkimisvõime. Ühiskondlik elu on olnud edenemise teel üheks esimese järgu tähtsusega tingimuseks.

Kainozoilise aegkonna ülevaade. Mesozoilises aegkonnas olid imetajad roomajate kõrval tagaplaanil, ehk nad küll juba triiasest saadik olemas olid. Seal esinesid peaaesjalikult kukrulisid. Kainozoilises aegkonnas tekivad aga väga mitmekesised imetajad, eriti platsentalised. Sel aegkonnal astuvad imetajad valitsevale kohale. Nad on kõige suuremad ja kõige tugevamad loomad (vaal, mammut, elevant, kiskjad).



140. joon. Lihvitud ja auguga kivikirved.

Ning nagu mesozoilises aegkonnas roomajad, nii ei piirdu nüüd imetajad üksnes maismaaga, vaid nad asuvad elama ka vette (vaalad, pääsukalad jt.), puude otsa ja õhku (nahkhiired, vampiirid jt.).

Imetajate tekkimisel avaldub seesama nähtus, mida nägime roomajail: rohkem ja eriliselt spetsialiseerunud organismid tekivad hiljemini. Käsitivalised on tublisti spetsialiseerunud organismid: nad on muutunud maa peal elavaist organismest — missugune elukoht kahtlemata algelisem — õhuorganismeks, kel õhus liikumiseks eriliselt väljakujunenud organid. Ka käsitivalised on tekkinud tertsiäärastul (eotseenis), kuna kukrulisid juba kaua enne neid maakeral elasid. Harunevate sarvedega põdrad tekkisid hiljemini. Sõudjalalised, spetsialiseerunud kiskjad ja kabjalised, ahvid tekkisid võrdlemisi hilja. Inimesestki, sest kõige enam spetsialiseerunud olevusest oma mõistuse poolest, leitakse jälgi õieti hilja (kindlasti diluuviumis). Paljudel varemil loomil (näit. kiskjail) oli aju väike ja seejärele pealuu võrdlemisi väike ja kitsas ning nina pikk, hiljemini aga esinevad vormid, kel pealuu laiem, võlvitud, ajuruum suurem ja nina lühem. Esimesed imetajad on enamasti väga väikesed, hiljemini tekivad suured vormid. Triias esinevad harilikult hiirte või rottide suurused imetajad. Esimesed imetajad on nähtavasti olnud putuktoitlased. Hiljemini toimub toitumisegi sihis spetsialiseerumine: tekivad lihasööjad, rohusööjad, kõigesööjad, sipelgasööjad, kalasööjad (pääsukala) jt. Samuti on imetajate liikumisviisis toimunud mitmekesine spetsialiseerumine. Jäsemed on kohastunud ronimise, kõndimise, kiire jooksmise, hüppamise, ujumise, maa kaevamise (mütt) ja lendamisega. Spetsialiseerumise mitmekesisus ilmub ikka hiljemini, kuna kõige varemad plattentaliste imetajate liigid on hoopis ühelaadsed. See nähtus sunnib arvama, et teatava klassi mitmekesisus tuleb sellest, et ta esindajad on tekkinud lihtsamaist, vähem spetsialiseerunud vormest.

Imetajategi ladestuis esinemise põhjal selgub, et paljud nende liigid on juba välja surnud.

Üld-ülevaade ja kokkuvõte. Geoloogiliste lademetete uurimine on tõestanud, et taimeriik ja ka loomariik on ajastute vältusel alaliselt muutunud. Ühed liigid on tekkinud, teised on hävinud.

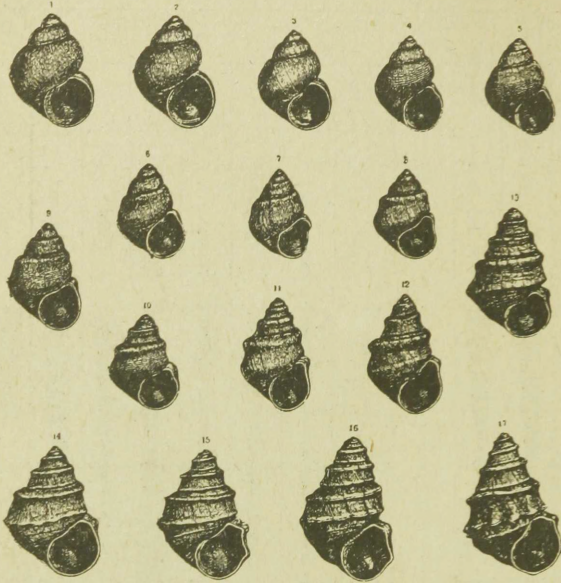
Teiseks on tähelepanu väärt, et mida vanemad on lademed, seda enam lähevad lahku selleaegsed organismid praegusaegseist. Kõige vanemais kihes pole pea üldse olemas praegusaegseid perekondi ja liike. Siiski pole kõige vanemategi ajastute loomad niivõrt omapärased, et neil puuduks igasugune sarnasus praegusaegsetega, vaid neil on ikkagi õige

Organismide tekkimise ja arenemise ülevaate tabel.

Aegkonnad	Elukond	Taimeriik					Loomariik							
		Madalamad eostaimed <i>Madalamad eostaimed</i>	Soonikeostaimed <i>Soonikeostaimed</i>	Paljasseemnelised <i>Paljasseemnelised</i>	Üheidulehised <i>Üheidulehised</i>	Kaheidulehised <i>Kaheidulehised</i>	Algloomad, ainuõssed, okasnahksed	Limused	Lüljalgsed	Kalad	Kahepaiksed, roomajad <i>Kahepaiksed, roomajad</i>	Linnud	Imetajad	Inimene
	Ajastud													
Kainozooline	Alluuvium													
	Diluuvium													
	Tertsiaär- ajastud													
Mesozooline	Kriit													
	Juura													
	Triias													
Paleozooline	Perm													
	Karbon													
	Devoon													
	Siluur ja ordoviits.													
	Kembrium													

rohkesti sarnasust praegusaegsete loomade klassidega ja seltsidega, nii et neid asetatakse täie õigusega praegusel ajal elavate loomade klassidesse.

Kogu loomastikkude ja taimestikkude kirju muutumine ei ole korratu, vaid selles esineb suur korrapärasus. Kui tekivad mõnel ajastul mitmekesised uued organismid, siis on nad harilikult ikka juba varemni olemas olnud põhivormide teisendid. Kogu suur mitmekesisus on lõpuks siiski piiratud suure hulga ühiste tunnustega (näit. trilobiidid, ammoniidid, roomajad). Ning harilikult tekivad ikka lihtsamad vormid varemni, enam spetsialiseerunud kehaosadega hiljemini. Leidub ladestus küllalt kivistisi, siis ei esine vormide järsud üleminekud, vaid muutused

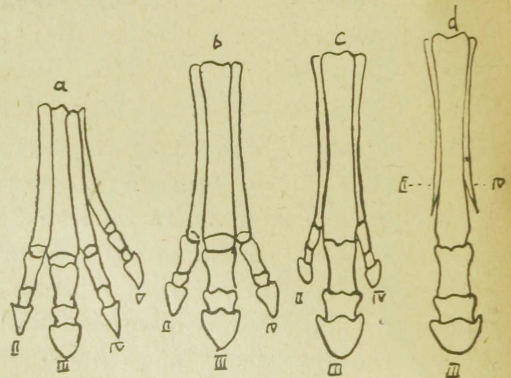


141. joon. Sootigu (*Paludina Neumayeri*), põlvnemine pliotseenis.

nühikud on nähtavasti tulenenud ühiseist põhivormest. Nii on näiteks küllalt põhjust oletuseks, et linnud ja imetajad on põlvnenud ühisest ürgvormist, eriti roomajaist. Ning isegi kõik selgroolised on arvatavasti ühest ühisest või vähemalt väga sarnaseist põhivormest põlvnenud. Kogu ehitus, mis põhijoonetes kõigil selgroolisil väga ühesugune, oleks muidumõistatuseks.

Väga tähtis on, et lade-meist on leitud järk-järgulisi üleminekuid ühest vormist teise, iseäranis ühest liigist teise. Näiteks kujutab 141. joonis juhtu, mil limuse karp, mis on varemias lade-meis sile, uuemais järk-järgult ikka kühmilisemaks on muutunud. Kõik ülemineku-

toimuvad pidevalt, samm-sammult. Seega näib uute vormide, uute liikide tekkimine olevat juba varemini olemas olevate vormide mitmekesistumine ja spetsialiseerumine. See suur korrapärasus organismide vormide tekkimises geoloogiliste ajastute vältusel räägib üksi juba küllalt selle poolt, et organismide mitmekesised vormid on tulenenud, põlvnenud teatavaist ühiseist ja lihtsamaist põhivormest. Ja mitte üksnes klassid, vaid isegi suuremad klassifikatsioonid

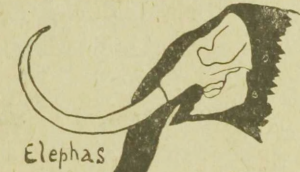


142. joon. Hobuse põlvnemine. a — *Hyracotherium*, b — *Anchitherium*, c — *Hippa- rion*, d — praegusaja hobune.

ehk vahelmised vormid on leitud üksteisele järgnevais kihes. Samuti on leitud, et hobuse jalg (142. joon.) on tulenenud viievarbalise looma jalast, mille varbad on kõik maa külge puutunud. Äärmised varbad on uuemais kihes esinevail hobuse ürgesivanemal alaliselt vähemaks jäänud ja keskmine suuremaks kasvanud. Hobusel on viimaks ainult keskmine varvas välja kujunenud. On leitud ka elevanti ürgesivanemate ja praegusaegsete elevantide vahelmisi vorme (143. joon.). Sääraseid vahelmisi ehk üleminekuvorme esivanemate ja lõpliku vormi vahel on võidud võrdlemisi paljudel juhtudel kindlaks määrata. Kivististe lademeis ilmumise korrapärasus ja üleminekuvormide leidumine — need on kõige kaaluvamad tõestused organismide põlvnemisõpetuse kasuks.

7. Biogeograafilised põhjendused.

On loomulik arvata, et teataval maa-alal tekkinud liik levis, ent ainult teatavate piirideni. Levimise tõkked ei lasknud tekkinud loomi ja taimi üle kogu maakera ühteviisi levida. Sellest tekkisid maa-aladel, mis pikade aegade vältusel üksteisest lahutatud, erilised tingimused (biotsed) ja seal võisid organismid põlvneda isesugustes suunades. Ning biogeograafia näitab, et on tõepoolest olemas maa-alasid, kus loomade ja taimede põlvnemine on iserada läinud. Nii näiteks on Austraalias, mis juba vististi kriidi ajastust saadik eraldatud Aasiast, väga omapärane looma- ja taimerik. Kõrgemad imetajad puuduvad seal ning nende asemel esinevad kukrulisid ja kloaagilised. Kõrgemad imetajad on hiljemini mujal tekkinud ja ei ole sinna enam pääsnud. Lõuna-Ameerikas on väga omapäraseid loomad: lameninased ahvid, laama, vööelajad, nandu, koolibrid jne. See maosa on vististi tertsiäärastuks eraldunud Põhja-Ameerikast ja uus side tekkinud diluviaal-ajastul. Põhja-Ameerika ja Aasia aga on



Elephas



Mastodon

Gomphotherium
longirostrisGomphotherium
angustidens

?



Palaeomastodon



Moeritherium

143. joon. Elevanti (*Elephas*) põlvnemine. H. Bekker'i „Ajaloolisest geoloogiast“.

võrdlemisi hilja teineteisest eraldunud (diluuviumis) ning nende vahel on võinud selle tagajärjel vabalt toimuda imetajate levimine, vahetus. Seepärast on nende maa-alade loomariigid väga sarnased.

Suuril saaril, mis ammu eraldunud mandreist, elab omapärane loomastik. Nii leiduvad Madagaskaril leemurid (poolahvid), ent pärisahvid puuduvad. Uuel Meremaal leiduvad omapärased linnud: kiivi, moa (hävitatud).

Mitte igakord ei ole teatava liigi tekkimis-keskkoht sealsamas, kus ta praeguse ajani alal on püsinud. Suures kõrve-piirkonnas, mis valdab Põhja- ja Kesk-Aafrika ning Kesk-Aasia, elavad mitmesugused hüpphiired. Diluuviumis ehk pleistotseenis olid säärased loomad palju laiemal maa-alal asetsemas kui nüüd, ka Ida- ja Kesk-Euroopas. Ent Põhja-Ameerika vanemais tertsiäärkihes on leitud kivistunud närrijaid, kes on olnud praeguste hüpphiirte ürgvormiks. Seejärele on sel ajal tekkinud hüpphiired Põhja-Ameerikas (tekkimis-keskkoht) ja sealt on nad levinud Vana Ilma kõrvisse, kus nad alal on püsinud (alalhoiu-keskkoht).

Ka n. n. reliktid ei ole seal tekkinud, kus nad asetsevad. Jääajal tõrjuti paljud põhjamaade loomad kaugemale lõuna poole. Kui nüüd kliima Euroopas jälle soemaks läks, siis jäid osalt endised tüübilised põhjamaade loomad ja taimed elama Alpidesse, kus nad elamiseks soodsad tingimused leidsid (kliima), kuna nad vahelmsil mail hävisid (alpijānes, alpi-lumekana). On rida järvi, kus leidub tüübilisi meriloomi (näit. Skandinaavia järvis vähk kuulmiksaba — *Mysis*). Nähtavasti on varemini need järved olnud ühenduses merega.

Põhjenduste üld-kokkuvõte. Väga palju andmeid räägib selle poolt, et taimede ja loomade liigid on muutunud, on põlvnenud lihtsamaist vormest. Näib küll, nagu oleksid liigid muutumatud, ent see on pettepilt. Inimese iga on lühike selleks, et leida suuri muutusi. Kogu inimese ajalooline aeg on ülilühike võrreldes pikade geoloogiliste aegkondadega, umbes nagu 5 sekundit võrdlemisi 24 tunniga. Seepärast ei või me oma lühikese eluaja jooksul oodagi suuremaid muutusi kui on toimunud näiteks kultuurtaimil ja kodustatud loomil. Organismide suur mitmekesisus on tekkinud järk-järgult ülipikkade aegade vältusel.

Organismide muutuvus ja põlvnemine on bioloogia põhiseaduseks. Põlvnemine on niisama hästi tõestatud, nagu suured füüsika ja keemia seadused. Ikka enam ja enam tõestusi kuhjub ta kasuks. Ilma põlvnemisõpetuseta oleksid bioloogilised teadused täis arusaamatusi ja mõistatusi. Ning organismide muutuvuse, transmutatsiooni-õpetus näib veel

seda kindlam, et isegi anorgaanilises looduses toimub muutumine (taeva-kehad, elemendid — uraan!). Materia on arenenud, muutunud. Üliväga tõenäone, et elu põlvnemine ei ole muud, kui materia-energia arenemise kõrgem aste, omapärane avaldus.

Teooriad põlvnemise põhjuste kohta.

Lamarck'i teooria. Et põlvnemine on toimunud, see on loodusteaduses üldiselt tunnustatud. Vaidlusküsimusiks on ainult, mispärast on organismid muutunud ja kuidaviisi on muutus sel või teisel juhul toimunud.

Organismide põlvnemise mõtet võib leida juba mõne kreeka mõtetega teoses ja hiljemini. Ent need vaated olid vähe põhjendatud ja osalt fantastilised. Alles läinud sajangu esimesel poolel hakkavad mitmed uurijad põlvnemisteooriat selgemini ja kindlamini väljendama ning selle põhjusi otsima. Erilist tähelepanu väärib Lamarck'i (1744—1829) õpetus. Lamarck'i tõis on põlvnemisidee juba selgesti väljendatud. Lamarck'i järele on liigid muutuvad ja on tekkinud lihtsamaist elusaist olevusist. Taimed muutusid peaaesjalikult väliste tingimuste muutuste tagajärjel, loomade muutumised aga toimusid Lamarck'i arvates peaaesjalikult tegevuse ehk funktsiooni mõjul. Loomade muutmisel etendasid tema arvates otsesed väliste tingimuste mõjud ainult kõrvalist osa¹). Lamarck'i järele arendas tegevus selle või teise organi enam ja enam välja ning muutused, mis tekkisid, said päritavaks. Organ, mis aga jäi tegevusetuks, hakkas kõhetuma ning ta kahanemine vältas seni, kuni ta kas hoopis kadus või ainult rudimendina säilis. Tegevuse toimega seletab Lamarck näiteks kaelkirjaku pika kaela tekkimist (puudelt kõrgelt lehtede püüdmine). Lindudel, kes vees liikuma hakkasid, kujunes ujumisnahk varvaste vahele. Tegevusärritus oli Lamarck'i järele põhjuseks, mis kujundas organid. Väliste tingimuste muutus kutsub esile uued nõuded ja tarbed. Seepärast kujunevad loomal uued harjumused, kusjuures teatavad organid rohkem peavad tegevad olema kui varemini. Nii siis tingib harjumuste muutus elavama tegevuse, millele järgneb organi tugevamaks arenemine (või tegevuse vähenemise korral kõhetumine). Üldiselt rõhutab Lamarck õige tublisti vaimlist külge, nimelt ta het saavutada midagi nõudeile ehk tarbeile vastavat. Näiteks sunnib nõue ja tahe või soov hästi ujuda linnu elavamalt töötama, varbaid laiali ajades, kusjuures ärritub varvaste vaheline nahk.

1) Geoffroy Saint-Hilaire (1772—1844) arvas, et peateguriks on põlvnemisel olnud väliste tingimuste muutused.

Ent Lamarck'i vaadete kasuks oli veel vähe materjali kogutud ja niihästi tema õpetus kui ka teiste (Geoffroy Saint-Hilaire) põlvnemisõpetused ei leidnud tunnustust. Iseäranis suur mõju oli Cuvier'l (1769—1832), kes oli suur autoriteet võrdleva anatoomia alal. Tema astus kindlasti põlvnemisõpetuse vastu välja, asudes seisukohal, et taime- ja loomaliigid on muutumatud. Et aga geoloogia andmeist selgus, et vanemal ajal olid maakeral teissugused organismid, siis asus Cuvier arvamisele, et loomad ja taimed on mitmel korral loodud ning sellest siis organismide erinevine eriliselt kihes. Hiiglasuured katastroofid olla hävitanud kõik elusolevused maakera pinnalt ja selle järel oli hakanud uus ajajärk, millal loodi jumaliku tegevuse tagajärjel täiesti uued organismid. Geoloogiline uurimine on aga tõestanud, et sääraseist hiiglakatastroofest ei või juttu olla. Pole sääraseid järske muutusi, hüppeid, vaid muutused on toimunud järk-järgult, pidevalt.

Darwini teooria. Põlvnemisõpetus leidis alles pärast seda üldise tunnustuse, kui ilmus 1859. aastal Darwin'i teos „Liikide tekkimisest loomuliku valiku teel“. Sesse teosesse oli kogutud suur hulk materjali, mis räägib põlvnemisõpetuse poolt. See võitis. Darwin'i (1809—1882) teooria aluseks on kaks momenti: väikesed teisendid ehk erinevused ja valik (selektsoon). Looduses ei ole üldse kaht täiesti ühesugust vormi olemas. Ükski taim ega loom ei ole täielikult teise sarnane. Taimede suurus, lehtede, õite ja vilja suurus, arv, kuju, ehitus on üksikuil taimil teataval määral erinev. Samuti loomil. Ka ükski inimene ei ole täpsalt teise koopiat. Erinevused on olemas ja nad avalduvad mitmes sihis. See väike muutlikkus on üheks tähtsaks Darwin'i teooria aluseks.

Darwin jälgis uute sortide ja tõugude tekkimise küsimust ja jõudis otsusele, et neid saavutatakse kunstliku valiku teel. Tahetakse näiteks saada peene villaga lammast, siis valitakse karjast kõige peenema villaga lambad ja lastakse neil sigida. Nende järglasist valitakse jälle kõige peenema villaga ja lastakse nii viisi sigida mitmete põlvde vältusel. Sel viisil saadakse järk-järgult peenema villaga lambad. Säärase kavakindla valiku teel jõuab inimene soovitava sihile. Nii valitakse harilikult ainult ühe tunnuse suhtes ja valitav tunnus areneb üksi, kuna teised tunnused jäävad muutumatuks. Kapsasortidel erinevad lehed (õied sarnased), õunapuul — vili, lambail — vill, kuna muidu ehitus on neil ühesugune. Kunstliku valiku teel võidakse kaunis ruttu liiki muuta. Näiteks olgu Darwin'i esitatud juht. Määrati preemia püstise harjaga Hispaania kuke kasvatamiseks. Ning viie aasta pärast oli valiku teel

rippuvharjasest kukest loodud püstharijane. Kunstlikku valikut tarvita-
takse ka igapäevases elus. Karjakasvataja jätab kõige paremate piima-
lehmade vasikad kasvama. Nii võib siis väikeste erinevuste valiku teel
muuta liiki soovitavas sihis.

Darwin'i järele toimub ka looduses valik. Muidugi pole looduses
individuaalset valijat, vaid valimise tingib ülisuur organismide sigi-
mine ja pahad elutingimused. Võtame näit. ühe kõige aeglasemalt
sigiva looma — elevanti. Elevant hakkab sigitama 30-aastaselt. 60-aas-
tase sigivus-ajajärgu vältusel sünnitab ta kõigest umbes kolm paari
poegi. Siiski võiks üks ainus elevantipaar 500 aasta jooksul nõndaviisi
sigides juba kuni 15 miljonit järglast anda, kui kõik pojad vigastamata
ellu jääksid. Linnupaar, kes sigitab viieaastase eluea vältusel 4 korda,
andes iga kord 4 poega, sigiks 15 aasta jooksul 2.000 miljonini. Palju
suurem on võilille sigivus: ta annab umbes 100 seemet aastas. Mõne
aasta järel võiksid ühe ainsa võilille järglased kogu maakera katta.
Karbikala koeb kuni 700 000 muna, paeluss sünnitab kuni 1 000 miljonit
muna, sõnajala lehel tekib kuni 14 miljonit eost. Sigimisvõime on kõigil
organismel ülisuur, ent paljud munest, tõukudest, noorist poegadest ja
ka täiskasvanuist hukkuvad. Suuris joonis on hukkumine sama suur,
kui sündimine. Darwin'i järele hukkuvad need, kes vähe kohastunud,
ja ellu jäävad need, kes hästi kohastunud, kes on kõige tugeva-
mad ehk vastupidavamad antud tingimusil. Looduses sünnib
mitmesuguste tunnustega organisme. Mõned tunnused võivad olla ela-
miseks kasulikud, teised kahjulikud. Lind, kelle värv läheb kõige enam
kokku ümbrusega, on kõige paremini kaitstud kulli hiiliva silma eest.
Hunt, kes suudab kõige kiiremini joosta või on kõige kavalam, saab
saagi kõige kergemini kätte. Temal on kõige rohkem võimalusi nälga
kustutada ja ellu jääda ning järeltulevat sugu sünnitada. Noorest tihe-
dast metsast jäävad kasvama need puud, mis kõige kiiremini kasvavad.
Õeldakse, puud võitlevad üksteisega valguse pärast. Eelnevail juhtudel
õppisime tundma loomade võitlust: igaüks püüab saada toitu, kaitset,
üldse kohaseid elutingimusi. Võideldakse elutingimuste pärast. Kes
suudab oma eluks küllaldaselt määralt toitu muretseda ja kaitset leida,
see võidab. Teised aga peavad surema, sest kõik sündijad ei saa —
peaasjalikult toidu ja ruumi puuduse pärast — ellu jääda. Üks jõuab
eesmärgile teise kulul. Kõige laiemas mõttes kuulub Darwin'i järele „võit-
luse olemise eest“ hulka ka võitlus loodusega, nimelt pahade elutingimus-
tega (külm, jää, torm, vihm, põud). Võitlus on kõige suurem sama liigi
esindajate vahel, sest neile on eluks tarvilikud ühesugused tingimused.

Nagu sest näha, seab Darwin võitluse mõistele väga laiad piirid. Sinna kuulub 1. võitlus pahade tingimustega, 2. võistlus ehk konkurents ja 3. otsene võitlus. Valikul etendavad peaosas võitlus pahade tingimustega ja võistlus, kuna otsene võitlus on vähema tähtsusega ja ulatusega. Puud metsas või rohi niidul võistlevad üksteisega valguse pärast. Teatava loomaliigi esindajad „võistlevad“ üksteisega toidu muretsemise pärast ning selles mõttes ongi ühe liigi esindajate vahel kõige suurem võitlus (õigemini võistlus). Otsene võitlus sama liigi esindajate vahel on looduses haruldane nähtus. Just sellevastu, ühinevad sama liigi esindajad ja moodustavad ühiskonnad, kus vastastikuse kasu alusel rahulikult koos elatakse. Nad „võitlevad“ ühiselt „olemise eest“, kujundades elutingimusi soodsamaks ja võideldes vaenlaste vastu. Otsene võitlus esineb pea ainult erinevate loomaliikide vahel (kisklus!).

Kuidas üks liik teise välja võib tõrjuda, seda näitab rändroti ehk võhna (hall) ja koduroti (must) vahekord. Võhn on kiiresti Euroopas levinud ja levib edasi, tõrjudes välja kodurotti. Võhn on tugevam, kurjem, vastupidavam, ta valib vähem toitu ja elukohta ning sagedasti tungivad nad vaenlasile ühiselt kallale. Need omadused annavad neile ülekaalu võistluses olemise eest. Peale selle võitlevad võhnad kodurottidega kui nõrgematega ka otseselt ja söövad neid ära.

Peale kirjeldatud valiku etendas Darwin'i arvates tähtsat osa ka sugulik valik. Real isaloomil (harukorral emaloomil) on erinev hele värv, ilusamad suled (metsis jt.), hääleriistad või lõhnavad ollused. See erinevus on sündinud Darwin'i järele suguliku valiku teel. Emaloom (või vastavalt isa) on valinud ühtimiseks meelitavama isa ja nii on tunnus kujunenud.

Nii siis on Darwin'i õpetus lühidalt järgmine. Organismid muutuvad, tekivad igasugused teisendid ja iseärasused, mis pärimuse teel edasi anduvad. Ent välja valitakse ainult kasulikud iseärasused ehk kasulikud muutused. Valik kestab põlvest põlve ja nii areneb kasulik tunnus ikka enam ja enam, ta kujuneb täielikumaks. Üldse, valiku teel tekivad kohastumisnähtused. Valik aga toimub võitluse tagajärjel. „Võitlusel olemise eest“ jäävad ellu ikka need, kes on kõige enam kohastunud, kes suudavad kõige paremini toitu leida, endid vaenlaste eest kaitsta, pahule elutingimusi vastu panna jne. Nemad suudavad sünnitada kõige enam järglasi. Nõrgemad, vähem kohastunud hävivad. Sel viisil tekivad uute tunnustega taimed ja loomad, moodustades uued liigid. Valik on väldanud aastamiljoneid ja on suutnud lihtsaist algorganismist järk-järgult luua keerulisemad ja enam kohas-

tunud. — Darwin'i arvates olid uute liikide tekkimisel tegevad ka välised tingimused ja tegevus või tegevusetus, ent ta pidas neid tegureid võrdlemisi tähtsusetuks.

Weismann'i teooria. Weismann'i järele on samuti valik liikide muutumisel peateguriks. Ent tema järele toimub peale isikutevahelise võitluse veel võitlus kudede ja rakkude sisemiste osade vahel ja seega vastav valik. Iseäranis tähtsat osa etendab Weismann'i arvates sugurakes üksikute pärimusühikute vaheline võitlus. Mõned tuumas asetsevad pärimuse sugemed (determinandid, kromosoomide osad) võivad assimileerida toitu enam kui teised (suurema assimilatsioonivõime või suurema toidu-juurdevoolu tagajärjel). Paremini toituvad determinandid kasvavad kiiremini ja sigivad, halvasti toituvad jäävad järjest halvemaise tingimusesse. Muutunud determinantide tagajärjel aga areneb organism erinevalt, sest pärimus oleneb neist. Iga üksik tunnus peitub sugurakus algeliselt teatava ainelise ühikuna. Need ainelised ühikud ehk determinandid satuvad hiljemini, munaraku vaostumisel vastavasse keharakesse ja kujundavad selle või teise tunnuse. Iga rakuliik saavat ise determinandid. Ainult sugurakud sisaldavad Weismann'i järele kõik determinandid ning seepoolest erinevad sugurakud keharakest (soomarakest) oluliselt. Weismann'i järele ei olene determinandid keharakest, nad olevat otsekui parasiidid kehas. Toimub muutus isiku keharakes, siis ei ole seega veel muutunud sugurakud. Päritav on aga see tunnus, mis tingitud sugurakust. Seepärast ei ole isiku elu jooksul omandatud tunnused päritavad: muutunud on keharakud, mitte aga sugurakud (eriti determinandid). Weismann sooritas ise katseid, mis tõestavad, et tõesti (mõned) isiku elu jooksul toimuvad muutused, eriti vigastused, ei ole päritavad. Ta lõi kas hiirtel 22 järjelises põlves sabad ära, ent mitte ükski järeltulijate põlvede hiir ei sündinud lühema sabaga. Kukkedel, keda tarvitatakse võitlusiks, lõigatakse süstemaatiliselt hari ja lokutid ära, ent ikka sünnivad järglased nende lisan-ditega. Seega pole kahtlust, et mehaanilised vigastused pole päritavad, nagu varemini oletati.

Vastuväited selektsiooniteooriale. Darwin'i selektsiooniteoorial on ka rida puudusi. Ta seletab ainult üht külge põlvnemisprotsessis. — 1. Tähtsaks vastuväiteks Darwin'i teooriale on järgmine. Väikesed erine-mised vormis, koosseisus ja tegevuses ei oma alguses mingisugust väärtust valiku mõttes. Kujutleme, et loomal tekib harilikust erinev värv, mis aga on ainult väga vähe sarnasem ümbruskonna värviga kui endine, siis ei või sellest veel mingisugust kasu olla antud organismile

(vaenlased märkavad teda siiski küllalt hästi). Ehk jälle, mis kasu võis olla kalal sellest, kui ta lihaseis tekkis harilikust ainult väga vähe tugevam elektrivool. See ei suutnud talle sugugi veel kaitset pakkuda, nagu väljakujunenud elektrioorgan. Paljudel juhtudel ei ole iseärasuse järkjärguline kujunemine üldse mõeldav. Munemine võõrasse pessa (kägu) ei ole mõeldav järkjärguliste üleminekute teel: Nii siis, väidetakse, et täienemine väikeste erinevuste valiku teel ei ole üldse tõenäone, sest et väike erinemine ei ole kasulik ja seepärast ei või tema valik toimuda. — 2. Paljusid tunnuseid ei saa üldse valikuga seletada, sest neil puudub igasugune väärtus valiku mõttes. See või teine lehevorm ei või olla taimele olulise väärtusega, ent ta on päritav. Klorofüll võib ju ühte viisi assimileerida ümmarguses, südajas ja saagjas lehes. Õie kuju, suurus, tolmukate arv ja asetus ei ole oluline, vähemalt enamikul juhtudel, ent see on päritav. Kala soomuse kuju ei ole olulise tähtsusega, on aga sagedasti väga iseloomuline. — 3. Juhuslikkude väikeste erinevuste valiku teel on üliväga raske seletada, miks on organismel organid üksteisele vastavalt arenenud (korrelatsioon). On loomal pikk kael, siis on tal ka pikad jalad. Kõik ta luud ja lihased on vastaval viisil muutunud (kaela raskuse kandmine!). Hüppavil loomil on tagumised jäsemed pikad ja tugevad, esimesed lühikesed ja nõrgad. Lind, kes hästi lendab, omab hästi arenenud anduri ehk kiilu, kuhu lennulihased kinnituvad. Tal on ka hästi arenenud lennulihased, vastavalt on kujunenud kõõlused, sooned ja ka ergud. Jooksjail lindudel (jaanalind) on lennulihased ja andur arenematud, tiiva ja tiivavöödi luud on märksa nõrgemad kui lendajail.

Et kõik üksikute luude ja organite pikkuse ja jämuse vahekorrad, jäsemevöödid, lihased, sooned, ergud jne., mis peavad olema otstarbekohased, kujuneksid nii suure korrapärasusega ja üksteisele vastavalt ainult juhuslikkude erinevuste valiku teel, see ei ole kujuteldav. Edasi, kujutleme mere loomast maismaa looma tekkimist. Maismaa elutingimused on hoopis isesugused: kehale on tarvis suuremat tuge, loom peab hakkama hingama teisel viisil kui vees, ta nahk peab vastupidavaks muutuma ärakuivamisele. Et keha maismaal suuremat toetust nõuab, siis peavad luud, lihased ja sooned kõik vastavalt ja otstarbekohaselt kujunema, nad peavad üksteisele vastama suuruse, pikkuse ja ehituse poolest. Et organism suudaks maismaale elama asuda, selleks peab toimuma tema organismis tuhandeid muutusi teatavas kindlas, otstarbekohases sihis. Tekib aga mõni üksik kohane muutus, siis ei ole sest organismile kasu (kops, ent ebakohased jäsemed või vastupidi jne.).

Et säärased hulga organite tuhanded otstarbekohased muutused ainult juhuslikkude väikeste erinevuste valikust oleneksid, see on päris uskumatu. — 4. Väga tähtsaks vastuväiteks tuleb ka järgmist lugeda: väikesed erinevused (fluktuatsioonid ehk modifikatsioonid) ei ole päritavad. Pole aga teatav tunnus päritav, siis ei kasva ta valiku teel. Valik ei saa siis midagi uut luua. Ses suunas on tähtsad Johannsen'i katsed. Ta võttis enesesugutuse teel saadud oa seemned ja külis neid suuruse järele eraldi. Avaldus, et väikesed oad andsid sama suured järglased kui suured. Muidugi ei ole järglased iialgi täiesti ühesuurused, ent nende suurus kõigub teatavais piires, kusjuures keskmise suurusega ube on kõige enam, äärmisi kõige vähem. Keskmise suurus on väikeste kui ka suurte seemnete järglasil ühesugune.

Emaubade kaal	Tütärubade kaal milligrammes									Tütärubade keskmine kaal
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
300 mg	—	1	—	2	7	15	19	7	—	635
400 „	—	—	5	8	41	145	357	202	9	593
500 „	1	4	25	126	461	1150	565	59	3	595
600 „	—	—	17	82	329	820	367	18	—	591
700 „	—	—	1	8	11	72	39	3	—	611

Seejärele on selge, et seemne suurus ei ole päritav (kui seemned saadud isesugutuse teel = puhas joon). On aga kindel, et valiku teel suudetakse saavutada erinevaid vorme. Johannsen'i katsete järele on põhjus järgmine: ühes liigis on juba algusest peale olemas indiviidid, kelle tunnused erinevad päritavalt. Nii näiteks on oa liigis indiviide, kelle järglased on keskmiselt ikka suuremad kui teisel indiviidel. Need erinevused avalduvad kõige paremini siis, kui toimetatakse taime enesesigitus. Siis esinevad teatavad tunnused järglasis järjekindlalt puhtal kujul (vastand värdjaile). Sääraseid järglasi nimetatakse puhtaks jooneks. Valiku korral võib ainult enam-vähem eraldada teatav puhas joon (näiteks suuremate seemnetega ootaim). Puhta joone eraldamisega ei ole aga veel midagi uut loodud: ta oli juba varemini olemas. Ei suuda aga valik midagi uut luua, siis ei või sellest juttugi olla, et peasjalikult tema mõjul on toimunud organismide põlvnemine, nagu arvas Darwin. — Üldse pole kahtlust, et valik ei etenda põlvnemisel nii suurt osa, nagu Darwin arvas. Ta ei selgita ka uute teisendite tekkimise põhjust. Et valik eluks otse kõlbmatud kõrvaldab, see on muidugi küll kindel.

Weismann'i õpetus determinantide võitluse kohta on samuti väga hüpoteetiline. Miks peaks toimuma teatava determinandi toitumine paljudes põlvedes järjest paremini ja teise toitumine järjest halvemini? Juhuse alusel peaks ta kord halvemini, kord paremini toituma.

Uuemad katselised andmed ja vaated.

Kuidas siis pidi toimuma põlvnemine, kui valik midagi uut ei loo ja kui isiku elu jooksul omandatud tunnused (tegevuse või väliste tingimuste mõjul) ei ole päritavad? Põlvnemiseks on ju esimese järgu tähtsusega, et tunnused, mis tekivad, oleksid päritavad: muidu kaob muutus ehk tekkinud iseärasus isiku elu lõppedes. Tõesti, toodi ette rida fakte, mis näitavad, et isiku elu jooksul omandatud tunnused ei ole päritavad (vähemalt enamikul juhtudel). Vigastusist (saba) oli jutt. Jõumehe lihaste tugevus ega ka lihaste kidurus ei ole päritav. Muusiku laps peab samuti oma käsi harjutama, nagu teisedki. Isegi paljude põlvete jooksul olemasolnud tunnused ei ole sagedasti päritavad. Proteuse rudimentsed silmad arenevad valguses suureks, vaatamata seepeale, et nad ülisuure arvu põlvete jooksul olnud pimeduses hoopis arenematud. Valgustatakse (klaasakvaariumis) kammellaste alumist poolt, mis on harilikes tingimuses valge, siis pigmenteerub nende kalade alumise poole valge nahk. Üldse ei ole õige arvata, nagu oleksid otse tunnused päritavad, vaid organism pärrib võime sel või teisel viisil reageerida ehk vastata tingimusele. Eelmisel juhtudel ei ole päritav tunnus kui niisugune, vaid tunnuse arenemiseks on tarvilikud teatavad tingimused. On tingimused ebaharilikud, siis reageerib organism sellele sel või teisel viisil. Päritav on reageerimisviis. Varjatakse ümmaralehise kelluka ülemisi lehti, siis arenevad nad ümmaraks. Nad vastavad muutusele nimelt sel määratud ja kindlal viisil.

Katsed valiku teel kujundada seda või teist tunnust on enamasti ebaõnnestunud. Erandjuhud ei ole sisuliselt selgitatud.

Kirjeldatud raskused põlvnemise seletamisel hakkavad pikkamööda lahenema. Sammuks edasi ses suunas on mutatsiooniteooria. Selle teooria avaldas de Vries 1901. aastal. Tema järele on liigid tekkinud järskude, päritavate muutuste teel. Ta tunnustab, et muidugi toimus tekkinud liikide valik. Järsku tekkivad muudendid, mille tunnused Mendel'i seaduse järele päritavalt edasi anduvad, nimetataksegi mutatsiooneks ehk ka idiovariatsiooneks. Mutatsioone on iuba ammu tähele pandud ja Darwingi on neid kirjeldanud. Mutatsioonid ei ole iseäranis haruldased. Järsku tekkis pika, peaaegu sirge ja siidise villaga lamba tõug (Mauchamp'i tõug). Põhja-Ameerikas tekkis

järsku pika seljaga ja kõverate lühikeste jalgadega lamba tõug. Mitmel korral on tekkinud ühekabjalised sead. Sarvedeta veis, mustade hoo-
sulgedega paabulind jt. on tekkinud mutantidena. On kirjeldatud ka
rida putukate ja algloomade mutante. De Vries katsetas peaaesjalikult
kuningakepi mutantidega. Ühelehekeseline maasikas, punaste lehtedega
pöökpuu, hõlmiste lehtedega pöökpuu, lõhmus, lepp ja jalakas, paljud
kõrreliste ja bakterite muudendid on tekkinud järsku ning olnud päri-
tavad. Erilist huvi paku-
vad Koloraado kartuli-
mardika (*Leptinotarsa*)
mutandid. Tower mõ-
justas neid mardikaid kõr-
ge temperatuuriga, kuivu-
sega ja madala rõhumi-
sega. Muutunud tingimus-
te mõju avaldus iseäranis
siis, kui mõjustati mardi-
kaid sel ajal, millal neis olid
valmimas munarakud. Sel
korral tekkisid munadest
märksa muutunud mardi-
kad (144. joon.), kelle
tunnused olid põlvest
põlve päritavad. Seejärel
on kindel, et väliste
tingimuste muutus
kutsus esile valmiva sugu-
raku muutuse ja sellele
järgnes päritavate tun-
nuste muutus. Üldse eden-
davad väliste tingimuste
muutused mutatsioonide
tekkimist märksa.
Seejärel ei või kahelda, et
mutatsioon on üheks uute
liikide tekkimise viisiks.
Ent mutatsioonide teel ei
ole siiski seletatavad paljud
põlvnemisnähtused, eriti
vastavused ehituses (korre-
latsioon). Näiteks ei saa
seletada mutatsiooniga
iseloomulist eesmistest ja
tagumistest jäsemete ehi-
tust hüppajail loomil, õie
ehituse vastavust tolmuta-
vale putukale jne.

Nagu elutingimuste kirjeldusel selgus, muutuvad organismid väliste tingimuste mõjul, ilma et tekiks mutatsioon (kindlasti päritavate omadustega). Lihaste tugevus, tehnilised võimed ja oskused, maapirni eri-

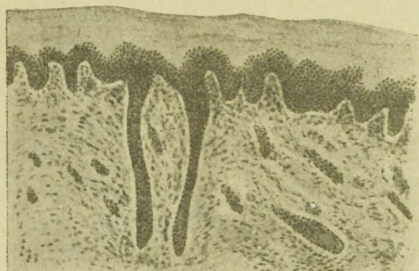


144. joon. Koloraado kartulimardika (*Leptinotarsa*) mutatsioonid. 1 — *L. undecimlineata*, 2 — eelmise mutant *L. angustovittata*; 3 — *L. melanothorax*, *L. multitaeniata* mutant; 4 — *L. decemlineata*, 5 ja 6 — eelmise mutantid *tortuosa* (5) ja *defectopunctata* (6).

line vorm madalikus ja mäestikus ei ole päritavad. Ent siiski ei ole väliste tingimuste mõjul tekkivad variatsioonid päritavuse suhtes kõik üheväärised. On olemas muutusi, mis seisavad mittepäritavate ja korrapäraselt päritavate muutuste (mutatsioonide) vahe peal. Hulgal juhtudel anduvad muutunud tingimuste mõjul isiku elu jooksul tekkinud iseäralised tunnused järglasile edasi ka siis, kui järglased arenevad harilikes tingimuses. Ent sääraseil järglasil kaob tekkinud tunnus järkjärgult, mõne põlve jooksul. Päevakoera (*Arctia caja*) nukkudest arenevad külma mõjul enamasti märksa mustjamad liblikad. Paaritati sääraseid mustjaid ebakuid isekeskis, siis ilmusid nende järglaste seas jällegi mustjad ebakud, ehk küll nende tõugud ja nukud arenesid harilikus temperatuuris (63. joon.). Tähendab, mustjas värv andus osaliselt järglasile edasi. Katsed koeraliblikaga andsid sama tagajärje. *Ocneria* röövikute toitmisel sarapuu-lehtedega tekivad vähemad ja valkjamad liblikad. Kasvatati nende järglasi hariliku toiduga (tamme- või kaselehtedega), siis arenesid ikkagi vähemad ja valkjamad liblikad (68. joon.). Kirjeldatud juhtudel avaldus muutus järgnevaisi põlvis, ent ta kadus järkjärgult mõne põlve järel. Kärnkonna *Alytes obstetricans*'i isaloom kannab munakudet tagumiste jäsemete küljes. Hoitakse nende asukoha temperatuur 25 kuni 30°, siis ei kinnita isaloom munadenööri jäsemeile. Antud tingimusel otsivad loomad vees jahutust ja nad hakkavad enam ja enam vees kudema. Rea kudemiste järel kaob neil viimaks üldse koe kaasaskandmise tung. Muutuvad tingimused endiseks, siis jätkavad nad mitmel kudemisajal ikka oma endist kudemisviisi. Nii toimub sigimisinstanti muutus. Järglased, kes nüüd arenevad täiesti muutunud instinktiga vanemaist, omavad ka muutunud sigimisinstanti: nad koevad kõik vees. Ent harilikes tingimuses kaob see instinkti muutus paari järgmise põlve järel. Ning isegi vigastused avalduvad järgnevais põlvis, kui vigastus on esile kutsunud ollustevahtuse muutuse. Meresigu lasti alkoholiauru sisse hingata. Nende järglased olid nõrgad ja väikesekasvulised. Peale selle sünnitasid nad liialt vara (abort). Vigastus avaldus järglasil ka sel korral, kui ainult isaloom oli alkoholiseeritud (isa-sugurakk vigastatud). Esindatud näiteist järgneb, et sugurakudki võivad teatavate tingimuste mõjul muutuda ja see muutus püsib sagedasti mitmes järgnevasi põlves, järkjärgult kahanedes. Vältab mõjustus mitme põlve jooksul, siis kujuneb antud muutus enam ja enam välja. Osa teadlasi arvab, et sääraseil juhtudel, kui muutus järgnevaile põlvile edasi andub, võib ta paljude põlvede jooksul fikseeruda, s. o. viimaks korrapäraselt päritavaks kujuneda.

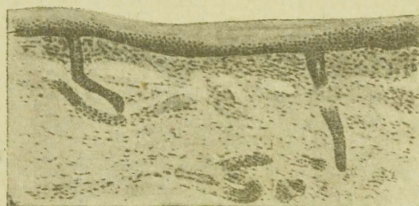
Katseliselt ei ole seda oletust veel tõestatud. Peaks aga see oletus tööle vastama, siis on selge, et ta põlvnemisel suurt osa etendab. Mõned andmed räägivad selle poolt, et tingimuste muutusist tulnud iseärasused võivad päritavad olla. Inimese jala talla nahk muutub hõõrumise ja rõhumise tagajärjel paksuks. Huvitaval kombel on juba lootelgi talla nahk paksem jala selja nahast (145. joon.). Ning paksenemine on juba lootel suurem neil kohtadel, kus ta suur täiskasvanul. Käsnaal (*Phacochoerus*) on käeliigesel paksud sarvnahast moodustised. Need on tekkinud selle tagajärjel, et loom libistub käeliigesel. Ka tema lootel on käeliigesel nahk paksenenud. Muidugi pole loote paksem nahk tekkinud rõhumise ja hõõrumise tagajärjel. Raske on antud nähtust teisel teel seletada kui oletuse varal, et tegevusest moodustatud naha paksenemine on paljude põlvede järel juba päritavaks muutunud. — Nahkhiire mao limanaha suupoolne osa on palju enam arenenud kui teine osa. Suupoolne mao limanahk on hästi arenenud selle tagajärjel, et loom ripub seedimise ajal, pea allpool. Ning ka juba lootel on suupoolne limanahk enam arenenud. Seegi juht seletub kõige lihtsamini oletusega, et tegevuse tagajärjel tekkinud muutus on pikapeale saanud päritavaks. Kuigi on veel vaidlusküsimuseks, kas võiksid väliseist tingimustest esile kutsutud muutused järk-järgult saada päritavaks, siiski ei ole kahtlust, et välised tingimused rikastavad vormide mitmekesisust. Nii on näiteks koeraliblikas põhjamaail teissugune kui lõunamaail. Kodujänese muutusist kliima mõjul oli juba jutt.

Sk
Sgk



1

Sk
Sgk

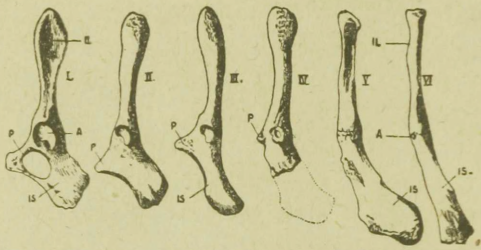


2

145. joon. 7 $\frac{1}{2}$ -kuuse loote jalatalla (1) ning jalaselja (2) naha läbilõik. Sk — sarvkiht, Sgk — sigikiht.

Organismi kujunemisel etendab tegevus ehk funktsioon väga tähtsat osa. Organid tekivad küll pärimuse teel, ent nad ei arene küllalt, kui nende tegevus on vähem teatavast alammäärast. Lihaste, luude,

ergukava, soontelihaste jne. kujunemine soiguks õige vara (lapseeas), kui nad ei peaks tegevad olema. Seda tõestavad paljud katsed ja vaatlused. Organ võib kaunis suurel määral muutuda vastavalt funktsioonile. Ilma esimeste jäsemeteta koer hüppab kanguru kombel ja seisab tagumisil jalul. Liigub säärasel viisil juba noor koer, siis arenevad ta tagumiste jäsemete sääreluud harilikust pikemaks, reieluud aga jäävad lühemaks, s. o. ta jäsemed kujunevad kanguru jäsemete laadseiks. Kaua (näit. 6 tundi päevas) püsti käimise tagajärjel muutuvad koera tagumiste jäsemete luud ja lihased vastavalt ülesandele. Ka niuded ja sisemised organidki (südame seisang) muutuvad vastavalt. Sest järgneb, et organi ehitus (eriti ka proportsioonid osade vahel) ei tarvitse



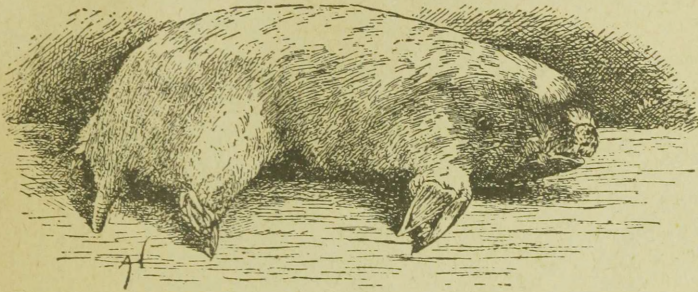
146. joon. Meriveise niuete järkjärguline kidumine. I — *Eotherium* (alam kesk-eotseen), II — *Eosiren* (ülem kesk-eotseen), III — *Halitherium* (oligotseen), IV — *Metaxytherium* (miotseen), V — Austraalia dugong, VI — Punase mere dugong. H — puusaluu, Is — istmeluu, P — süleluu, A — puusanapp.

kõrgesti spetsialiseerunud olekuni vastavalt tegevusele, või vastupidi — väljakujunenud organi järkjärguline kadumine. Tegevuse kaasmõjuga on kõige lihtsamini seletatavad paljud korrelatiivsed arenemistähtsused. Nii näiteks on kõige vanemate meriveiseliste (kesk-eotseenist) tagumised jäsemed teguvõimelised ja sellele vastavalt arenenud niudeluud (arenenud puusanapp). Uuemais kihes leiduvad vahelmised astmed, mille jäsemed ikka vähemaks jäävad ja niudeluud sellele vastavalt muutuvad (146. joon.). Praegusaegsel meriveisel (dugong) on jäseseist ainult rudimentne reieluu säilinud, kuna niudeluud, puusanapp ja ka süleluu on kadunud. Istme- ja puusaluu on järkjärgult sihvakamaks muutunud. Funktsioonist on tingitud ka suur hulk juhtusid, millal erinevate seltside või üldse tüüpide esindajad on üksteisega mõnes suhtes väga sarnase ehitusega (kohastusline sarnasus ehk konvergents). Kae-

olla viimase peenuseni päritavad, vaid neid kujundab suurel määral funktsioon. Sedasama tõestab katse *Proteus*'e silmade arenemisega: nende arenematud silmad ei ole muutumatuult päritavad, vaid nad arenevad valguses suureks.

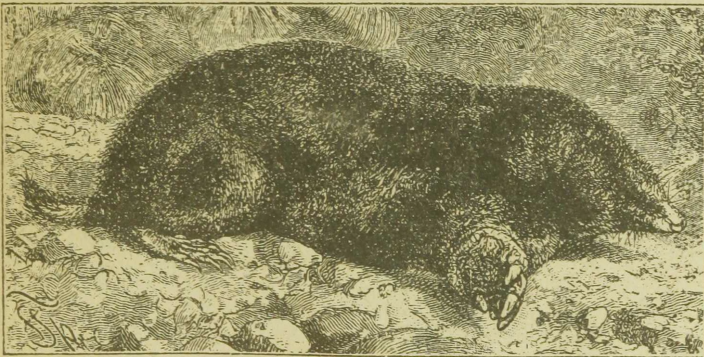
Geoloogilisis ladestuis leitakse suguvõsalised read, mis on enamasti kohastumisread. Neil esineb teatava organi järkjärguline muutumine alguslikust olekust kuni

vaja kukruline *Notoryctes* (147. joon.) on oma kujult ja ehituselt väga muti (putuktoiduline, 148. joon.) sarnane. Väga sarnane lendoravaga (närija, 149. joon.) on üks kukruline *Petaurus* (150. joon.). Kukrulisel kiskjal on paljudes suhetes platsentaliste kiskjate laadsed. Pääsul kalad (delfiinid) on ihtüosauruste sarnased. Ent on kindel, et delfiinid



147. joon. Kukruline *Notoryctes typhlops*.

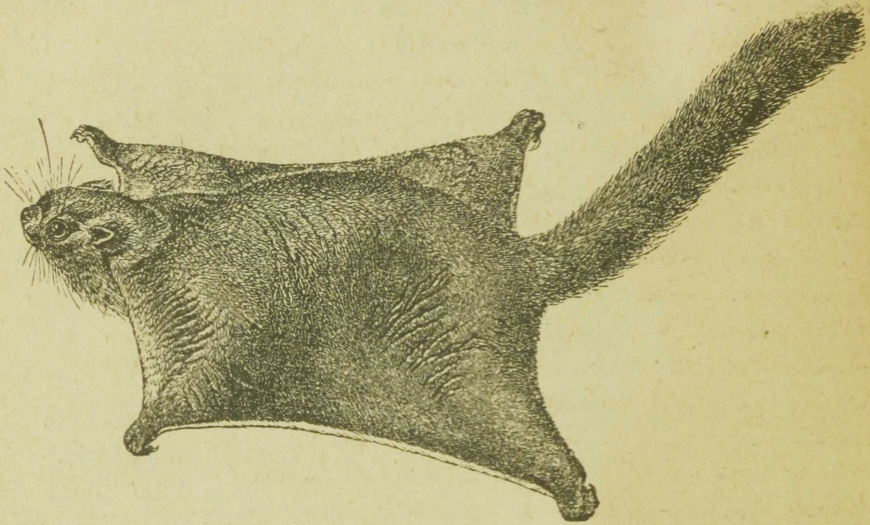
ei ole põlvnenud ihtüosaurust. Samasugune kaugelt sugulaste vormide sarnasus esineb ka lindude, kalade, limuste ja teiste loomaklasside seas. Mittesugulased vormid on ühteviisi arenenud, kui nad on olnud ühesuguseis tingimuses ja ühteviisi tegevad. Ning see sarnasus ei avaldu mitte üksnes liikumisorganite, vaid ka silmade ja teiste meeleanorganite



148. joon. Putuktoiduline — mutt (*Talpa europaea*).

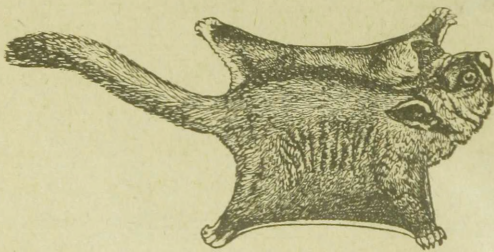
arenemises. Loomad, kes on elama asunud koopaisse, maa alla või veesügavusse, omavad arenematuid silmi. Kidurad silmad pimedusloomil ei ole tekkinud mutatsiooni teel: kidurus pole päritav (*Proteus!*). Silmad on kiduraks jäänud tegevusetuse tagajärjel. Sjevertsovi järele on kindlasti päritavaid iseärasusi võrdlemisi vähe tekkinud. Ent kui

tekkis näiteks teatav päritav muutus jäsemes, siis muutus sellele vastavalt ka jäseme funktsioon. Funktsiooni muutuse kohaselt kujunesid siis lihased, luud, kõhred (krõmpsluud), kõõlused jne. Ehk jälle, toimus kaela luude pikkuse muutus, siis muutusid selle kohaselt kaela



149. joon. Lendor'av (*Pteromys ptaurista*), närija.

lihased jne., ent ka vastavalt eesmised jäsemed. Sellest järgneb, et teatavale päritavale muutusele tegevas organis järgneb rida teisi vastavaid kõhastumusmuutusi (korrelatiivselt). See-



150. joon. Kukruline *Petaurus sciureus*.

järele võivad organid suurel määral kujuneda või kiduda, ilma et iga peenus nende ehituses oleks päritav. Kõige selle järele ei ole kahtlust, et ka funktsioon on suurt osa etendanud vormide tekimisel. Eriti on inimese vaimlisel arenemisel tegevus kahtlemata suurt osa eten-

danud. Tegevusel on inimene õppinud ja tegevuse tagajärjel on tema vaimlised võimed kõrgemale arenenud¹⁾. Tegevusega luuakse uued olukorrad. Uued tingimused mitmekesistavad omalt poolt jälle tegevuse

1) Oskused ja tehnilised võimed (ametioskus, teadmised) ei ole päritavad.

ja eluviisi ning see mõjub ergukavasse järjest arendavalt. Üldse on liikumisorganite ja meeleanalüüsiorganite kõrgemale arenemine või kidumine ühenduses suurenenud või vähenenud tegevusega. Nende arenemist või kidumist põlvnemise vältusel ei seleta valiku- ega mutatsiooniteooria (vähemalt üksi mitte). Hoopis võimatu on seletada ainult valikuga kirjeldatud korrelatsiooni- ja kohastusliku sarnasuse nähtusi.

Kunstlikul valikul eraldatakse ehk isoleeritakse valitava tunnusega loomad või taimed ja sigitatakse oma vahel. Sel teel on takistatud tekkiva vormi ristsugutus põhivormiga, ei toimu nende seginemine. On ka loodud teooria, et vabas looduseski on toimunud vormide eraldumine ja sel teel uute liikide tekkimine. Ning tõesti leitakse isoleeritud saaril harilikult ikka vorme, mis ainult seal esinevad. Isoleerimiseks ei ole igakord tarvis, et organism eralduks teisist, rännates välja saarile, mäestikku või eraldatud orgu. Ristsugutuse takistus tekib ka elukoha, harjumuse muutuse ja sigimisaja muutuse tagajärjel. Loomatäil on väga vähe võimalusi pääseda võõra liigi esindajale, kuna ta võib kergesti levida ühe liigi esindajate vahel (näit. veiste seas). Seejärele on koduloomil (veis, hobune, siga, koer) igapäev oma eriline loomatäi liik, mis üksteisega lähedalt sugulased. Nad on nähtavasti tekkinud ühisest algusvormist isoleerimise tagajärjel. Eriliste parasiitide tekkimine on võinud samuti toimuda isoleerimise teel. Eriliigi konnad sigivad erilisel ajal ja seega on nende ristsugutus takistatud. — Toimub aga päritavalt fikseerunud tunnustega organismide ristsugutus, siis tekivad uute tunnuste kombinatsiooniga vormid. Ristsugutusel saadud vormid on mõnel korral vastupidavamad vanemvormest, mispärast nad võivad säilida. Nii on ka ristsugutus kaastegev vormide mitmekesistamisel. Ent sel teel ei või tekkida suuremaid uusi iseärasusi (vanade tunnuste kombinatsioonid!).

Uute vormide tekkimisel on vististi kaastegev olnud ka kalduvus muutlikkusele teatavas sihis. Mõnelgi korral, kui tekib teatav muutus, kasvab see iseärasus järjest ja võib viimaks isegi kahjulikuks muutuda. Esimeste põtrade sarved olid hargnematud või väheste harudega. Järkjärgult tekivad enam hargnevate sarvedega põdrad ja viimaks on hiiglapõdral sarved nii suureks arenenud, et nad on olemasoluks kahjulikuks muutunud. Saag-haikalal on saag liialt pikaks kujunenud.

Kahtlemata on ka valik uute liikide kujunemisel suurt osa etendanud. Pealegi ei erine tekkinud mutant või teisend algusvormist mitte iga kord vähe, vaid niipalju, et sel on valikuline väärtus. Valik on kõrvaldanud vähe kohastunud vormid, ebakud ja mutatsioonid. Kat-

seliselt on valiku teel küll suudetud suurendada teatavat tunnust (näit. kirju roti valget värviala), ent siiski ainult piiratult. Valik ise ei loo midagi uut, vaid ainult otsustab, kas see või teine tekkinud vorm võib püsima jääda või mitte. Ent seegi on väga tähtis. Iseäranis kaitsevärv, kaitsekuju, suguline kahekujulisus, taimede kohastumisnähtused jne. on seatavad valiku kaasmõjul. Valiku teel on kuhjunud teatavad kohased muutused. Ent niihästi valiku kui ka isoleerimise mõju võib avalduda ainult siis, kui organism on teatava määranis muutlik.

Nii on päritavate muutuste tekkimise küsimus põlvnemisõpetuses põhjaneva tähtsusega. Miks toimuvad päritavad muutused, see on veel vähe selgitatud. Mõnedki katsed näitavad, et päritavate muutuste (mutatsioonide) tekkimist edendavad välise tingimuste muutused. Mõned uurijad aga on arvamisel, et muutused olenevad elusast ollusest enesest. Väga tõenäoline, et ka elusas olluses eneses võivad ilmsile tulla teatavad muutused, olenemata otseseist väliseist tingimustest. Ent on ka kindel, et tingimustegi muutused muudavad elusat ollust, kusjuures vähemalt osal juhtudel on muutus päritav.

— Elu oleneb paljudest tingimustest. Eluavaldused muutuvad tingimuste muutudes. Elutingimused on aga alaliselt muutunud ning seepärast on selge, et neile on pidanud järgnema organismide muutused. Elutingimused on geoloogiliste ajastute vältusel väga palju muutunud. Varem aegadel oli maakera enese sisemine soojus maapinnal enam märgatav kui nüüd. Eozoilil ja varemil paleozoilil ajastuil oli maakera vististi ümbritsetud tiheda pilvedelooriga, nagu nüüd Veenus: maakera soojus edendas auramist. Seega olid taimede arenemisel isegused tingimused. Kõvade kiviliikide murenemine, huumuse tekkimine, maakoore temperatuuri langemine — kõik need on tingimused, mis ei võinud olla mõjuta taimede ja loomade arenemisel. Ajuti on maakeral valitsenud külmad ajajärgud (jääajad!). On muutunud õhu niiskus, arvatavasti ka õhu süsihappe-sisaldis jne. Suur tähtsus on olnud ka organismide eneste muutumisel. Uue liigi tekkimisega muutus tasakaal. Oli uus liik enam kohastunud, siis tõrjus ta oma võistlejad tagaplaanile. Uute taimede tekkimisega avanesid loomile uued toitumisvõimalused (õistaimed — meeputukad). Parasiitide tekkimine võis toimuda siis, kui oli olemas peremees-organism. Biootsed elutingimused on veel enam muutunud kui füüsikalised ja keemilised. Viimasedki on kahtlemata suurt mõju avaldanud organismesse. Et aga eelnevaist näiteist on küllalt selgunud organismide muutlikkus tingimuste mõjul, siis on seepärast kõigiti õigustatud vaade, et elutingimuste muutused on ülitähtsat

osa etendanud organismide põlvnemisel. Tingimused on osalt otseselt muutnud organismide eluprotsesse, osalt on nad toimunud valiku tegurina. Tingimuste muutudes võisid edasi elada ainult need, kes suutsid kohastuda uute tingimustega.

Vormid on muutlikud. Tekivad päritavad (mutatsioonid) ja mittepäritavad muutused (modifikatsioonid ehk fluktuatsioonid). Need muutused ei või olla lihtsalt juhuslikud, vaid nad toimuvad teatavil põhjusil, mille uurimisele alles on asutud. Muutlikkus oleneb väliseist tingimustest ja ka organismi enese sisemisest struktuurist. Missugused seadused muutlikkuses valitsemas, on ainult osaliselt selgitatud.

Uute liikide ja uute vormide tekkimisel on olnud tegevad mitmed tegurid. Millist osa see või teine tegur põlvnemisel etendanud, seda pole veel võimalik täpsalt kindlaks määrata.

Bioloogia alusel võib öelda, et inimese edenemiseks on tarvilik arendav tegevus ehk töö ja rahulik ühiskondlik elu, mil luuakse elutingimused optimaalseks, kõige soodsamaks. Otsene võitlus inimeste vahel (sõjad!) valmistab suured takistused elutingimuste optimaalseks loomisele. Tegevusetus või väike tegevus nõrgendab keha ja vaimu. Kõik töö peaks juhutama edenemiseks otstarbekohastele ettevõtetele, s. o. elutingimuste optimaalseiks muutmisele ja tarvilikule vaimlisele ning kehalisele arendamisele. Päritavate tervisevigastuste kõrvaldamiseks on tarvilik kunstlik valik, sest loomulik valik on inimühiskonnas alaliselt kahanemas.

Kirjandus.

Bioloogiaga põhjalikumaks tutvumiseks leidub üksikasjalisem kirjanduse loend raamatus: K. Kraepelin, Einführung in die Biologie. Grosse Ausgabe. Teubner, Leipzig u. Berlin 1919. Eriti tuleb seal tähelepanu juhtida Goebel'i, Hesse ja Doflein'i, Kerner'i, Nussbaum-Karsten-Weber'i, Gräbner'i, Warming'i, Verworn'i, Hertwig'i, Darwin'i ja Leche töödele.

Peale seal esitatud loendi on veel väga soovitavad järgmised tööd:

G. Le Bon, L'Évolution de la matière. Flammarion, Paris 1920.

S. Arrhenius, Das Werden der Welten. Akad. Verlagsges., Leipzig 1921.

A. Opperl, Gewebekulturen. Samml. Vieweg, № 12. Braunschweig 1914.

D. Barfurth, Regeneration und Transplantation in der Medizin. Fischer, Jena 1910.

Д. ж. Лёбъ, Динамика живого вещества. Mathesis, Одесса 1910. Tõlge Saksa keelest.

S. v. Prowazek, Einführung in die Physiologie der Einzelligen. Teubner, Leipzig u. Berlin 1910.

H. Molisch, Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Fischer, Jena 1921.

H. S. Jennings, Die niederen Organismen. Ihre Reizphysiologie und Psychologie. Teubner, Leipzig u. Berlin 1914.

L. Morgan, Instinkt und Gewohnheit. Teubner, Leipzig u. Berlin 1914.

L. Eddinger u. E. Claparède, Über Tierpsychologie. Zwei Vorträge. Barth, Leipzig 1909.

A. Kühn, Die Orientierung der Tiere im Raum. Fischer, Jena 1919.

F. W. Fröhlich, Grundzüge einer Lehre vom Licht und Farbensinn. Fischer, Jena 1921.

G. Bohn, Die Entstehung des Denkvermögens. Thomas, Leipzig 1910.

M. Verworn, Die Entwicklung des menschlichen Geistes. Fischer, Jena 1920.

F. Dahl, Vergleichende Psychologie. Fischer, Jena 1922.

W. G. Lange, Über funktionelle Anpassung. Springer, Berlin 1917.

W. Schoenichen, Der biologische Lehrausflug. Ein Handbuch für Studierende und Lehrer aller Schulgattungen. Fischer, Jena 1922.

W. Sedgwick u. E. Wilson, Einführung in die Allgemeine Biologie. Teubner Leipzig u. Berlin 1913.

B. Dürken, Die Hauptprobleme der Biologie. Sammlung Kösel № 40.

R. v. Hanstein, Biologie der Tiere. Quelle u. Meyer, Leipzig 1913.

- B. Dürken, Einführung in die Experimentalzoologie. I. Springer, Berlin 1919.
- P. Kammerer, Allgemeine Biologie. Deutsche Verlags-Anstalt. Stuttgart u. Berlin 1920.
- Allgemeine Biologie. Die Kultur der Gegenwart. Teil III, Abt. IV, 1. Teubner, Leipzig u. Berlin 1915.
- Г. Обермайеръ, Доисторический человекъ. Брокгаузъ-Ефронъ. СПб. 1913.
- Tölge saksa keelest.
- O. Hertwig, Der Staat als Organismus. Fischer 1922.
- G. F. Nicolai, Die Biologie des Krieges. Orell Füssli, Zürich 1919.
- P. Kammerer, Genossenschaften von Lebewesen auf Grund gegenseitiger Vorteile. Stuttgart 1913.
- Kogust: „Sammlung Göschen“:
- K. Diener, Paläontologie und Abstammungslehre.
- F. Kossmat, Paläogeographie.
- W. Gothan, Paläobotanik.
- A. Jakobi, Tiergeographie.
- L. Diels, Pflanzengeographie.
- Kogust „Aus Natur und Geisteswelt“:
- H. Mische, Allgemeine Biologie. № 130.
- O. Maas, Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. № 139.
- K. Kraepelin, Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. №№ 426—427.
- E. Lehmann, Experimentelle Abstammungs- und Vererbungslehre. № 379.
- R. Hesse, Abstammungslehre und Darwinismus. № 39.
- E. Dacqué, Geographie der Vorwelt. № 619. J. n. e.

Õiendused.

Lhk. Rida

20. 2. joonise all: „imetaja“ asemel lugeda — „imetaja kopsu osake“.
14. 21. ülevalt: „organite ja riistade kujunemine teatavaiks funktsiooneks“ asemel lugeda — „organite... kujunemine teatavaiks püüratud funktsiooneks (näit. ujumiseks, lendamiseks, kaevamiseks jne.)“.
63. joonise all: „Rabakana“ asemel lugeda — „Lumekana“.
63. 9. alt: „rabakana“ asemel lugeda — „rabakana ja alpi-lumekana“.

Tropism
stabiilsed ar. ento ja mitted.
Stoffring
Kohastamine
Uus. õienduste võtmine, mis on mõeldud

Sisu.

	Lhk.		Lhk.
Eessõna	3	Suguosade differentseerumine	38
I. Bioloogia mõiste ja ülesanne	5	Suguline kahekujulisus	39
II. Elusolevuste koostus ja ehitus	6	Järglaste eest hoolitsemine	40
1. Vorm ehk kuju	6	3. Pärimus	42
2. Elus olevus -- jagamatu ühik	7	4. Ärritatavus	47
3. Keemiline koosseis	7	Taimede ärritatavus	47
4. Protoplasma ehitus	8	Ainuraksed	48
5. Elusolevuste rakuline ehitus	9	Hulkaksed	50
Rakk elus ühik	10	Nägemismeel	52
Differentsiatsioon	10	Kuulmismeel	54
III. Eluavaldused	16	Kompimismeel	55
1. Olluste- ja energiavahetus	16	Keemilised meeled	55
Ollustevahetus	16	Tasakaalu-meel	56
Ollustevahetuse organid	17	Iseäralised meeled	56
Energiavahetus	20	Kõrgemad ärritatavuse avaldused	56
Soojuse-energia organismes	21	5. Eneseregulatsioon	60
Mehaaniline energia	22	Funktsionaalne kohastumine	60
Elektrienergia	24	Regeneratsioon	61
Valguse-energia	25	6. Kohastumine	61
2. Kasvamise, arenemise, sigimine	26	Kaitsevärv	63
Kasvamise	26	Kaitsevorm	63
Sigimine ja arenemine	26	IV. Elutingimused ja organismid	66
Sugutu sigimine	26	A. Üldised elutingimused	66
Suguline sigimine	27	1. Füüsikalised elutingimused	66
Sugupõlvede vaheldumine	36	Temperatuur	66
Partenogeneesis	37	Mehaaniline rõhumine	69
Sigituse olemus	37	Osmootne rõhumine	70
Lahksugulisus ja liitsugulisus	37	Valgus	71
		2. Keemilised elutingimused	74
		Toit	74
		Vesi	76
		Hapnik	78
		Organism ja kliima	79

	Lhk.		Lhk.
B. Ökoloogia (organismide ole-		4. Tõu- ja sordiparandus . . .	111
nemine ümbruskonnast) . . .	79	5. Veresugulus	112
Temperatuur	80	6. Geoloogilised põhjendused	113
Osmootne rõhumine	80	I. Arhailine ladekond	114
Valgus	81	II. Eozoiline ladekond	115
Taimevööd	81	III. Paleozoiline ladekond	115
Kõrgus merepinnast	81	Kembrium	115
Toit	82	Ordoviitsium	116
Vesi	82	Siluur	119
Muldkond	83	Devoon	119
Muldkond ja taimeühingud	84	Karbon	122
Metsad	85	Perm	123
Rohutaimestud	86	IV. Mesozoiline ladekond	125
Kõrved	86	Trias	125
Taimestud ja loomad	87	Jura	128
Taimede levimine	87	Kriit	131
Loomade levimine	88	V. Kainozoiline ladekond	134
Floora ja faunaregioonid	89	Tertsiaärladestud	134
C. Biotsed elutingimused	90	Paleogeen	134
Taimede biotsed eluting.	90	Neogeen	135
Loomade biotsed eluting.	92	Kvartaärladestud	136
Parasitism ehk söödiklus	92	Diluuvium	136
Omakaitse taimeriigis	93	Alluuvium	140
Loomade enesekaitse	94	Üld-ülevaade ja kokku-	
Tingimuste muutused	94	võte	142
Elu-ühiskonnad	95	7. Biogeograafilised põhjen-	
Sümbioos	96	dused	145
Sama liigi ühiskonnad	98	Teooriad põlvnemise põh-	
V. Taimeriik ja loomariik	102	juste kohta	147
VI. Elus ja elutu loodus	103	Lamarcki teooria	147
VII. Elu tekkimine	106	Darwini teooria	148
VIII. Põlvnemisõpetus	108	Weismanni teooria	151
1. Süstemaatiline põhjendus	109	Vastuväited selektsiooni-	
2. Anatoomilised põhjendused	109	teooriale	151
3. Embrüoloogilised põhjen-		Uuemad andmed ja vaated	154
dused	110	Kirjandus	164

Mag. H. Kruus

Vene-Liivi sõda ja Liivi ordu languse põhjused

158 lhk. Hind 350 marka.

Üks dramaatilisemaist ajajärgudest meie kodumaa ajaloos, põnev oma sündmustikuga, laiaulatuslik oma tagajärgedega, on kuuteistkümnenda aastasaja teise poole algus. Vene-Liivi sõjas 1558.—1561. a. langeb varemisse ligemale kolm ja pool aastasada kestnud Liivi orduriik oma sise- mistes vastoludes ja ebasoodsas rahvusvahelises konjunktuuris, olles jõuetu vastupanuks Moskva ümber koondatud tõusva Idaslaavi riigi pealerõhumi- sele. Lõhvikäristatud Liivi konföderatsiooni osad alistatakse vägevamaile naabritele — Taanile, Rootsile, Poolale ja Venele. Selle ajajärgu sünd- mustikku käsitleb lähemalt ja üksikasjaliselt Hans Kruusi uuem uurimus „Vene-Liivi sõda“. Rohke algallikalise materjali (peaasjalikult algdoku- mentide) põhjal, mis sellest ajajärgust säilinud, valgustab autor seda meie kodumaa mineviku tähtsat ajajärku täies ulatuses, esitades ühtlasi rea uusi seisukohti ja hinnanguid. Autor ei piirdu selles teoses mitte ainult mai- nitud ajajärguga, vaid teeb ka rohkesti tagasiminekuid kaugemasse mine- vikkude põhjalikumalt ja teravamalt selgitada käsitledava ajajärgu tegu- reid. — H. Kruusi „Vene-Liivi sõda“ tuleb tõsiselt soovitada igale ajaloo- harrastajale ja haritud eestlasele. Seda enam, et see teos on Eesti ülikooli päevilt esimene suurem uurimus meie kodumaa kaugema mineviku kohta.

Prof. Dr. med. A. Paldrok

Suguhaigused

102 lhk. Hind 300 marka.

Olgu küll, et prof. Paldrok oma „Suguhaigused“ üliõpilastele õppe- raamatuna on kirjutanud, on see raamat sedavõrt ülevaatlikult käsitatud, et ta igale teisele oma sisu poolest kättesaadav. Lugeja saab sellest raamatust täielise pildi nimetatud haiguste üle ja retseptid arstimiseks.

J. Semper

KALEVIPOJA RAHVALUULE- AINETE ANALÜÜS.

122 lehekülge. Hind 240 mk.

Selles raamatus võetakse ligemale vaatlusele kõik suuremad motiivid meie lugulaulust, katsutakse selgeks teha, mispärast on rahva seas tekkinud ja visalt alal püsinud niisugused lood, nagu suure tamme, saarepiiga, pörguskäimise, Raudoja j. m. lood. Iga motiivi puhul toob autor hulga näiteid teiste rahvaste luulest, mis tõendavad, et sugulased lood on üle terve ilma olemas, ilma et nad seejuures tarvitseksid olla laenuid. Rahvaluule loomise allikas — inimese hing — on oma sisemise ehituse poolest igal pool ühesugune.

Raamatu esimene osa on pühendatud meetodi selgitamisele, mis meil seni veel täiesti tundmata olnud, mis aga üllatavalt laiad perspektiivid avab vaatlemiseks. Unenäod, lapse fantaasia, ebausukombed, keel, vaimuhaigused — kõik sarnased nähtused aitavad kaasa rahvaluule looja hinge valgustamiseks. Ning mõnigi tume ja arusaamatu koht „Kalevipojas“ saab äkki selgeks ja arusaadavaks.

Mitte see üks, vaid veel teine asjaolu teeb selle raamatu tarviliseks käsiraamatuks iseäranis õpetajatele ja üliõpilastele: iga motiivi käsitlel on paralleelset materjali suure hulganähtu kokku kantud kõigi teiste rahvaste rahvaluule varasalvedest, alates meie naabrite soomlaste, lätlaste ja vene-
lastega ning lõpetades mehhiklaste või indiaanlastega.

Dr. D. P. Brovkin

Tartu Kõrgema Muusikakooli lauluõpetaja

HÄÄLESEADE

lühike häälesünnitajate organite anatoomia
ja füsioloogia kirjeldus.

Käsiraamat lauljaile, kõnepidajaile ning alg- ja keskkooli lauluõpetajaile.

44 joonisega, 80 lehekülge. Hind 125 marka.

„Käesolev kirjatöö selgitab põhjalikult häälesünnitamis-protsessi ning valgustab nende organite funktsioone, mis seejuures tegevad.

Et autor ise laulja, lauluõpetaja ja ühtlasi ka arst on, siis on ta väited rajatud mitmekülgse teaduslise aluse ja praktiliste kogemuste peale, mis selle käsiraamatu väärtust iseäranis tõstab.

See töö on väärtusline algus seks literatuuriks, mis meil veel puudub.

Arvesse võttes ülemalõeldut kui ka raamatu selget ja arusaadavat väljendusviisi, võib loota, et see leiab laialise poolehoiu ja on suureks abiks paljude hääleseadmise juures tekkinud küsimuste lahendamisel“.

Juhan Aavik.

Hind 320 marka.