

ŐSLÉNYTANI VITÁK (Discussiones Palaeontologicae),  
24, Budapest. 1979. pp. 5-32.

## AZ ŐSLÉNYTAN LEGUJABB EREDMÉNYEI II.

### AZ ÉLET FEJLŐDÉSE A PREKAMBRIUMBAN

Monostori Miklós

#### 1. Bevezetés

A legutóbbi időkig szinte ismeretlen volt az a fejlődés, amely az élet keletkezésétől a kambriumig zajlott le (ahol az élővilág már a maival jól összehasonlítható formában jelentkezett). Az e témáról szóló irodalom 75%-a 1960, 2/3-a pedig 1969 után jelent meg. Ennek során az élet fejlődéséről vallott nézetek olyan átalakuláson mennek át napjainkban, melynek a szakemberek szűk körén túli megismertetése nagy elvi-világnézeti jelentőséggel bír.

#### 2. Volt-e prekambriumi élet?

A földi élet fejlődésének, a mai élővilág kialakulásának leghosszabb és mindmáig legvitatottabb szakasza az a fejlődés, amely a prekambriumban zajlott le.

A kezdeti paleontológiai vizsgálatok során gazdag ősmaradványanyag került elő egészen a kambrium aljáig (570 millió éve keletkezett rétegek). Ezek a maradványok jól összehasonlíthatók voltak (legalább törzsi szinten) a ma élő

állat- és növényvilággal. Az ezeknél idősebb rétegekben ez a leletsorozat megszakadni látszott, a föld története többé nem volt a földi élet történetének tükrében nyomonkövethető. A prekambriumot élet nélkülinek tekintették.

A mult század végén és a jelen század első felében előkerült néhány olyan egyedi lelet a prekambriumi rétegekből, melyeket élőlényektől származónak irtak le és igyekeztek a mai élővilággal kapcsolatba hozni. Ehhez kapcsolódóan kialakult az a nézet, hogy éltek növények és állatok a prekambriumban is, azonban ezek fosszilizálódásra kevésbé alkalmasak voltak és a kevés maradvány nagy része is áldozatul esett a hatalmas prekambriumi hegységképződő mozgások hatásainak.

SCHINDEWOLF (1956) az addig ismert prekambriumi leletek újraértékelésével arra a következtetésre jutott, hogy a leletek nagy része nem élőlény maradványa, illetve magasabbrendű szervezetekhez való tartozásuk kétes. Szerinte a kambrium előtti időkből biztosan csak alacsonyabbrendű növények maradványait ismerjük.

A prekambriumi rétegsorokat geológiailag és kőzettanilag is részletesen tanulmányozták már ekkor. Ennek során nyilvánvalóvá vált, hogy sem világméretű réteghézag nincsen prekambriumi és kambriumi kőzetek között, sem a kőzetek átalakultsági fokában nem találhatók világszerte egyöntetű különbségek a prekambrium/kambrium határa felett és alatt. Ezzel az egyik fő magyarázat a prekambriumi kövület-hiányra, a maradványok utólagos pusztulása elfogadhatatlanná vált.

A fiziko-kémiai vizsgálatok azt is kimutatták, hogy nem tételezhető fel alapvető gyors változás a tengerek kémiai összetételében sem.

Mindezen ismeretek tükrében nyilvánvaló volt, hogy a jelenség alapvető okait magában az élővilágban kell keres-

ni. A törés különösen az állatvilágban tűnt nagynak, hiszen sok ma élő törzs megtalálható a kambrium elején, míg az új értékelés tükrében a prekambrium állat-mentesnek tűnt.

SCHINDEWOLF, mint materialista alapelveket valló természettudós, nem tételezhette fel az állatvilágnak a semmiből készen történő kipattanását, ezért arra az álláspontra helyezkedett, hogy az állatvilág prekambriumi fejlődési ága kizárólag váz nélküli szervezetekből állt. Ebből pedig azt a — paleontológus számára rendkívül lehangoló — következtetést vonta le, hogy prekambriumi kövületek, melyekből a legősibb állatok morfológiájára következtethetnénk, nincsenek. A legősibb állatokról csak kémiai-biokémiai vizsgálatok alapján kaphatunk képet.

Ugyanekkor, az 50-es évek végén már publikálták azokat az adatokat, melyek elsőként utaltak biztosan egy változatos állati ősmaradvány-együttes prekambriumi kőzetekben való előfordulására. A D-Ausztráliában Ediacara körzetében talált leletek gyökeresen változtatták meg a prekambrium élővilágáról alkotott elképzelést, azonban az új eredmények csak nagyon lassan váltak köztudottá és elfogadottá.

Ezek az eredmények a 60-as évek második felében vezettek az első olyan nagyobb munkákhoz, melyeket prekambriumi faunák és flórák tudományos igényű elemző leírásainak tekinthetünk. Ilyen pl. GLAESSNER és WADE (1966) monográfiája az Ediacara faunáról.

### 3. Hogyan alakult ki a mai élővilág?

Az új felfedezésekkel kapcsolatban természetesen az élővilág fejlődéséről és ezen belül különösen a soksejtű állatvilág kialakulásáról az elméletek egész sora keletkezett néhány év alatt, ezek közül következzen néhány a továbbiakban.

Összehasonlítás érdekében megadjuk a prekambrium PFLUG (1974) által adott időtáblázatát:

vendium 570 - 680 millió évvel ezelőtt,  
 rifeikum 680 - 1600 millió évvel ezelőtt,  
 pre-rifeikum 1600 millió évnél régebben.

### 3.1 Biológiai tényezőkön alapuló elméletek

#### 3.1.1 Soksejtű állatok kialakulása a vízben lebegő, sejtmagos egysejtű állatokból

A szerzők jelentős része az élővilág fejlődését az élő sejt szerveződési szintjének fejlődésén keresztül magyarázza. A legősibb, sejtmag nélküli sejtekből alakultak ki a sejtmagos ivartalan szaporodású, majd az ivaros és ivartalan szaporodás váltakozásával jellemzett sejtek. E nézet egyik jelentős képviselője SCHOPF J.W. Ő és munkatársai találták meg az ausztráliai Bitter Springs formációban azokat az egysejtű növényi szervezeteket, melyek kétségtelenül igazolni látszottak az ivaros szaporodású, sejtmaggal bíró sejt előfordulását. E leletek 900 millió évvel ezelőttről származnak. A közölt fényképeken a sejtmag, a sejt szervezőcské maradványai és a szaporodás bizonyos fázisai is láthatók. Ezek az eredmények speciális elektronmikroszkópos vizsgálati módszerek segítségével születtek. (SCHOPF, 1968; SCHOPF, BLACIC, 1971).

Ezen elmélet képviselőinek nézete szerint az egysejtű szint tökéletesedik hosszú földtörténeti idejű fejlődés során és a fejlett sejt teszi lehetővé a soksejtű szerveződési szint kialakulását mind az állat-, mind a növényvilágban.

A legprimitívebb sejtmag nélküli szervezetek — melyeket a kékeszöld algák és baktériumok közé sorolnak —

több mind 3 milliárd éve, messze a pre-rifeikumban már éltek. A pre-rifeikumot és rifeikumot e szervezetek jellemzik, evolúciós szempontból rendkívül konzervatív jelleggel. Rendkívül nagy szerepük volt azonban a földi légkör összetételének kialakításában: tevékenységük során a légkörben szabad oxigén halmozódott fel.

A sejtmaggal bíró egysejtű szervezetek mintegy 1 milliárd éve alakulhattak ki. 1,3 milliárd évvel ezelőtt képződött üledékekből ismerjük az első olyan egysejtűeket, melyeknél organellum-szerű testek észlelhetők. A kétségtelenül belső sejtmaggal bíró egysejtű növények maradványait 900 millió éves kőzetekből ismerjük (ezekről már tettem említést).

A szerzők "startgombhoz" hasonlítják az ivaros szaporodás megjelenését, mely rendkívül meggyorsította az evolúciót. Az autotróf egysejtűekből heterotróf egysejtűek is kialakultak, így szétvált a növény- és állatvilág. A soksejtű szerveződési szint közel egyidejűleg keletkezett a növény- és állatvilágban. A soksejtű algák kialakulása egyúttal a tengerfenék benépesítését is jelentette. A soksejtű állatok kezdetben megőrizték pelagikus őseik életmódját és a lebegő életmódról csak a kambrium elején tértek át a tengerfenéken való életre. A váz megjelenését viszonylag nagy méreteikkel és aktív táplálékkereső életmódjukkal hozzák kapcsolatba a szerzők (SCHOPF, HAUGH, MOLNAR, SALTERTHWAIT, 1973, SCHOPF, 1974).

Meg kell vizsgálnunk, hogyan viszonylik ez a kerék-ségében szép elmélet a paleontológia tényeihez. Elméleti síkon nehéz lenne elvetni az említett biológiai tényezők (a sejt alakulása) komoly szerepét az evolúcióban. A tudományos megismerés azonban nagyon sokszor megmutatta már, hogy valamely jelenség létrejöttének nem csak egyetlen lehetséges útja van. Sőt, ha ez a jelenség olyan nagy mértékben össze-

tett, mint amilyen az élővilág, eleve számíthatunk rá, hogy nem egyetlen uton, nem egy kitüntetett irányban és nem egy tényező hatására jött létre. Az egytényezős "startgomb" az egész fejlődésnek már kissé irányított jelleget ad. Az elmélet elvi részéről tehát azt a megjegyzést tehetjük, hogy kétségtelenül az élővilág fejlődésének egy nagyon fontos tényezőjét emelte ki, melyet azonban nem szabad egyedülinek tekintenünk.

Hogyan viszonylik az elmélet az eddig előkerült ősmaradványokhoz?

A pre-rifeikumi és idősebb rifeikumi leletek kétségtelenül nagyon alacsony fejlődési foku szervezetektől származnak. Azonosításuk mai sejtmag nélküli csoportokkal azonban — mint ahogy a későbbiekben látni fogjuk — nem kellően megalapozott. A maradványok jellege nem nyújt kellő alapot az evolúciós konzervativizmusról szóló kijelentésekhez, sőt bizonyos maradványok ellentmondanak ennek. A sejtmag és az ivaros szaporodás megjelenésének időpontja ma még nem bizonyítható egyértelműen az ősmaradványok alapján. A Bitter Springs sorozat 900 millió éves egysejtű növényeivel kapcsolatos újabb kutatások erősen megkérdőjelezzik az előző megállapításokat. KNOLL és BARGHOORN (1975) összehasonlító vizsgálatokat végzett, melynek során azt észlelték, hogy egy mai kékeszöld algafaj tenyésztésének degradációja során mindazon strukturák létrejöttek, melyek az említett maradványok között sejtmagos egysejtűek és az ivaros szaporodás egyes fázisainak bizonyítékaként szerepeltek. Ezért a szerzők szerint a Bitter Springs flóra változatossága látszólagos is lehet és nem igazolja a sejtmag megjelenését. Szerintük ez valószínűleg sokkal későbbre tehető és csak kevéssel előzhette meg az Ediacara fauna megjelenését.

E helyen nagyon fontos annak hangsúlyozása, hogy az újabb vizsgálat csak a bizonyíték egyértelműségét kérdőjelezte meg, de nem tekinthető ellenbizonyítéknak. E kérdés egyértelmű eldöntéséhez nyilván új utakat kell keresni. TAPPAN (1976) más, ennél jóval idősebb rétegekből származó ősmaradványok részletes összehasonlító vizsgálatával arra a következtetésre jutott, hogy azok közeli rokonságot mutatnak bizonyos ma élő vörösalga fajokkal. Ennek alapján a sejttaggal bíró sejt és az ivaros szaporodások megjelenését 1,9 milliárd év távolába teszi, és időben összekapcsolja az oxigéntartalmu atmoszférába történő átmenet időpontjával. További kérdés ez esetben is, nem esünk-e ismét homológ strukturák téves vagy sokértelmű értékelésének hibájába?

A "startgomb" megnyomása tehát legalább 3 olyan időponthoz köthető (ugy tűnik egyforma valószínűséggel vagy valószínűtlenséggel), melyeket 1 milliárd évnél nagyobb időszakban oszthatunk el. Az élővilág fejlődésére gyakorolt hatás merőben más lesz a három variációban. 1,9 milliárd évet véve alapul "startról" nem nagyon beszélhetünk, az Ediacara faunát közvetlenül megelőző megjelenés esetében pedig a "start" és a "cél" szinte egybeesik. Látható tehát, milyen sok buktatót rejt az ilyen egytényezős megoldás.

Az elmélet egyik döntő láncszemének fosszilis dokumentációja teljesen hiányzik. Nincs egyértelmű bizonyítéka egysejtű állatok prekambriumi létezésének; az egysejtű növény- és állatvilág közti átmenetnek, sőt az egysejtű állatok soksejtűvé alakulásának nyomát sem ismerjük. Mindezek csak a mai állat- és növényvilág ismeretén alapuló feltételezések.

### 3.1.2 Soksejtű állatok kialakulása a tengerfenéken élő soksejtű sem-állat-sem-növényekből

A soksejtű állatok kialakulásának kérdésében az előbbieken taglalt egy-ut elméletet az elvi jellegű aggályoknál sokkal inkább megkérdőjelezi a valóságos leletek. Évtizedes kutatómunkája eredményeit publikálta 1974-ben PFLUG, melyek teljesen új fényt vetettek a soksejtű állatvilág származására. Két évvel később pedig olyan ősmaradványokat talált, melyek első ízben adnak értékelhető képet az élet kezdeti formáiról. A fejlődés felvázolása érdekében e későbbi leletekkel kezdem az ismertetést.

A D-afrikai Transvaal 3350 millió éve keletkezett rétegeiben olyan gömbös testecskéket talált, melyek nyilvánvalóan szerves eredetű szerkezetet mutattak. Ez a szerkezet nem hasonlít mai primitív szervezetekhez.

A szerkezet elemei elágazó törzsecskék, melyek világosan főágra és oldali elágazásokra oszlanak. Az elágazások spirálisan körkörös csatlakoznak a főághoz, de négy irányban növekedésük erősebb, ami tetrad-küllemet eredményez. Sokszor a törzsecskék egy csőszerű hüvelyben rejlenek. Magán a gömbös testecskén belül a törzsecskék radiálisan orientáltak és ugyanolyan elágazási rendszer észlelhető, mint a felépítő törzsecskéknél. A test alakja a térbeli korlátozottság függvénye.

Vannak más testek is, melyet radiális és koncentrikus elhelyezkedésű "mikroszférák" alkotnak, melyek még kisebb testekből tevődnek össze. Mind a két szerkezet típus végző soron nagyon apró ( $0,3-3 \mu$ ) "nannoszférákból" áll. A testek tulajdonképpen e "Nannoszférák" összetett sarjadás-állapotai, szigorú homonómia alapján szerveződve. PFLUG úgy véli, hogy ez az egyszerű alapokon nyugvó 3350 millió éves



szerves eredetű szerkezet a földi élet kezdeti fejlődésének egyik bizonyítéka.

A legősibb prekambriumi kőzetekből eddig kékeszöld algák és baktériumok maradványait irták le. Joggal táplál azonban kétséget PFLUG e leírások bizonyító értéke iránt. E szervezetek külső morfológiája annyira primitív, hogy információs értéke a nem fosszilizálódó szerves anyaghoz képest jelentéktelen. Ugyanakkor szerinte a szerves anyag ezeknél már olyan fejlett, hogy visszavetítése az evolúció kezdeti szakaszaira csak tévuttra vezethet.

A jelenleg ismeretes számítások szerint a Földön mindössze 3800 millió éve alakultak ki megfelelő feltételek a cseppfolyós víz kialakulásához, így az élet is aligha lehet idősebb 3,5 milliárd évesnél. Azokat a szervezeteket, melyek maradványait a távoli pre-rifeikumából ismerjük, teljesen külön élőlény csoportba (csoportokba) kellene helyezni.

PFLUG az élet keletkezése utáni fejlődést kezdetben homonómia alapján szerveződő kezdeti rendszerek kialakulásában látja, melyek később heteronóm rendszerek sokféleségévé alakultak át. A pre-rifeikum során a sejt kialakulása ment végbe. A mai tipikus sejtmag nélküli és sejtmagos sejt csak a prekambrium későbbi szakaszában alakult ki, az ősejtek ezektől eltérő jellegűek lehettek. Hasonlóságuk a mai sejtmag nélküli sejthez nagyobb lehetett, mint a sejtmagoshoz.

A soksejtűek fejlődését PFLUG 1974-es munkája alapján a következőkben rekonstruálhatjuk.

Az evolúció méretnövekedéssel is jár. A legősibb, prerifeikumi formák az u.n. Filamentella típusu szervezetet képviselik. Ezeknél az endocellát egy külső, nyálkás burkolat vette körül, melynek egyes fajtáknál ásványos váza volt.

Olyan mixotróf (vegyes táplálkozású) szervezet lehetett, mely összekapcsolta az abszorptivheterotróf (szerves részeket megkötő) és foto-autotróf (szervetlenből szerveset fotoszintetizáló) táplálkozási módot. Oszcilláló mozgásra is képesek lehettek, telepes formáik az aljzathoz rögzültek.

A sejtmag kialakulása a rifeikumra tehető, ezt jelzi a felső rifeikumi szervezetek bonyolultabb jellege is. A Filamentella telepekből filamentelloid csövek keletkeztek. Ezek egy bázislemezről kinőve tömött kolóniákat alkotnak. A kétrétegű fallal rendelkező csövek külső része összefonódott filamentella szálakból, belső fala a filamentella endocellákhoz hasonló fal nélküli sejtekből áll. Ez az utóbbi endoszövet állati jellegű táplálkozásra specializálódhatott, s mint ilyen az emésztő üreg előfutára is lehetett. E szervezetek továbbra is mixotróf táplálkozásúak voltak.

A vendiumban jelennek meg az itt ismertetett szervezetek továbbfejlődéséből a soksejtű állatok és növények. A soksejtű állatokhoz sorolható élőlények legprimitívebb formáit a Petalonamae csoport alkotja. Ezek tulajdonképpen a filamentelloid cső-kolóniák sajátos módosulataiként értelmezhetők. A bazális lemez egy része a csövekkel együtt felemelkedett az aljzatról és redőződött. Ilyen módon egy üreg körüli nagyobb test keletkezett. Jellegzetes az üreg falát borító csövek belső helyzete. Az üreg emésztő üregnek tekinthető, így a test egészében magasabbrendű egyeddé vált. Összetett tollra emlékeztet a csövek alapelrendeződése, ennek a külső felszínen való megismétlődése a testnek szegmentált jelleget ad. Ennek az alaptípusnak több módosulata van: a radiális szimetriájúak az Erniobaris csoportot alkotják. Szesszilis (aljzathoz rögzített) planktonfaló szervezetek lehettek. A legprimitívebb alakoknál fotoszintetikus táplálkozási módra utaló felépítési bélyegeket is találtak, vagyis az első metazóák még kombinálhatták a kétféle táplálkozási módot.

A fejlettebb bilaterális szimmetriájú alakoknál üledékfaló vagilis (mozgó) életmód feltételezhető, e formák a Cambri-diumhoz hasonlóak.

A soksejtű állatok és növények kialakulását és elkülönülését PFLUG szerint ökológiai tényezők befolyásolták. A soksejtű növények és a növények és állatok közti közttes csoportok a karbonátos üledékképződéshez kapcsolódtak, míg a soksejtű állatok (Petalonamae) az ezekhez csatlakozó homokos és iszapos területeken fordultak elő. A csövek belső helyzete az utóbbiaknál az üledékkel való betömődés elleni védekezés lehetett. Ezeknél a szervezeteknél még nem alakultak ki a plankton elfogására szolgáló szervek, így a heterotróf táplálkozási mód kevésbé volt hatékony, ezt a fotoszintetikus aktivitás növelése pótolhatta. A heterotróf táplálkozási rendszer tökéletesedése a fotoszintetikus rendszer fokozatos elsorvadására vezetett. Az emésztőüreggel rendelkező metazoák eleve csak mixotróf szervezetekből vezethetők le.

A vendiumi petalo-szervezetek között megtalálhatók a biztosan soksejtű állat-jellegű, a biztosan soksejtű növényjellegű és a köztük elhelyezkedő átmeneti jellegű (Petalostromae) szervezetek is. A soksejtű növényekre erős sejtfal, az emésztő üreg hiánya és nagyobb egyedi variáció a jellemző. Egy részük a vörösalgákhoz hasonló vonásokat mutat.

A vendium folyamán ezután tökéletesebb bilaterális szimmetriájú, aprólékosan szelvényezett és erősen differenciált állatok jelentkeznek, melyek már ismert vagilis üledékfaló soksejtű állatokkal is rokonságot mutatnak. A morfológia módosulása a rögzített planktonfaló életmódról mozgó üledékfaló életmódra való áttérés következménye volt ezeknél.

Az elmélet lényege tehát az, hogy a soksejtű állatok soksejtű vegyes táplálkozású sejtagnélküli élőlényektől származnak, nem pedig telepes egysejtű állati táplálkozású sejtagnal bíró élőlényektől. Az ásványos váz már a legősibb soksejtűeknél kialakult, a vendiben jelentkező lágytestű formák másodlagos vázredukció eredményeként jöhettek létre. A soksejtű állatok ősei nem pelagikus (vizben lebegő-uszó), hanem szesszilis (tengerfenéken ülő) szervezetek. Az élet fejlődését a prekambriumban elsősorban biológiai jelenségekkel magyarázhatjuk, melyek közt fontos szerepe van a sejtagn evolúciójának. A PFLUG által alkotott fejlődési modell azzal a rendkívül nagy előnnyel rendelkezik az ismertetett SCHOPF-féle modellhez képest, hogy nagyszámu tényleges lelet részletes tudományos elemzésén alapul, e leleteket logikus egymás utáni összefüggésbe képes állítani. Megtartva SCHOPF pozitív felismerését a sejtszerveződés szintjének alapvető jelentőségéről, megszüntette az evolúcióra vonatkozó nézet egysikuságát, a soksejtűség kialakulását párhuzamosan jelentkező másik fontos tényezővé tette és nagy szerepet tulajdonított az egykori környezet hatásának is. Ebből a szempontból a nézet jobban megközelíti a soksejtű jelenségek soksejtű oksági magyarázatának követelményét.

Ez a modell azonban csak a soksejtű tengerfenéken élő növények és állatok kialakulásáról ad megfelelő elképzelést. Az egysejtű állatok létrejötte — melyet ezideig még nem bizonyítanak ősmaradványok — nyilván az egysejtű növényekből történt, feltehetően a tengervízben lebegő vagy uszó alakok sorából. A kiindulásként gyakran emlegetett mai egysejtűek, melyeknél mindkét táplálkozási mód előfordulhat, nem feltétlenül a tényleges eredetet jelentik. Ahogyan erre PFLUG (1976) is utalt, az ősi szervezetek és a mai alsóbbrendű szervezetek biológiai tulajdonságai közt erős el-

térések lehetnek, a multat a jelennel azonosnak elképzelni aligha helyes.

Nem bizonyos, hogy SCHOPF elmélete — egysejtű állatokon keresztül — megmagyarázza a vízben lebegő soksejtű állatok eredetét.

Lehetséges más variációk pl.:

1. az eredetileg fenéken élő metazoák áttérése a tenger-vízben lebegő-uszó életmódra;
2. kolónia-alkotásra képes egysejtű növények átalakulása (soksejtűség és állati táplálkozás egyidejű fellépése).

Az állatvilág sokrétűségének ismeretében lehetséges, hogy valamennyi variáció megvalósult (bár valamelyik kétségtelenül uralkodó lehetett). Ugyanigy nem zárható ki az sem, hogy a fenéken élő soksejtű állatok és növények PFLUG nyomán említett fő kialakulási vonala mellett bizonyos formák a lebegő-uszó életmódról tértek át a tengerfenéken élő életmódra.

Korántsem hihetjük, hogy ezek ismeretében az egész soksejtű állatvilág és növényvilág leszármazását véglegesen megoldottnak tekinthetjük. A közeljövőben várható újabb leletömegek új utak, új szervezeti formák, új kapcsolatok, új oksági összefüggések egész sorát vetheti fel. Ezeknek nem kell szükségképpen tagadni az eddigi megállapításokat, melyeket helyes interpretációban részösszefüggéseknek kell tekintenünk, amik az élővilág fejlődésének egy-egy oldalát világítják meg.

### 3.1.3 Prekambriumiak-e az ediacara-típusú faunák?

Vannak szerzők, akik az ediacara típusú faunákat a kambriumba igyekeznek sorolni. KAEVER és RICHTER (1976), Archaeocyathus-féléket talált D-Afrikában egy olyan formá-

cióban, melyet a Nama sorozat aljával egyidősnek tartanak. Szerinte ez a petalo-organizmusok kambriumi korának bizonyítéka, miután ezekkel az Archaeocyathus-félékkel rokon szervezeteket eddig csak az alsó kambriumban találtak. Ennek érdekében a kambrium alsó határát 600 millió évre, vagy annál régebbre helyezik (mivel a Nama sorozat rediometriás mérések szerint legalább ilyen régen képződött). Következtetésük meglehetősen gyengén megalapozott, mivel maguk is elismerik, hogy a kérdéses formáció oldalirányban nem követhető és a Nama sorozattal direkt összefüggésbe nem hozható. A Nama sorozatban hasonló Archaeocyathus-félék nincsenek és e formációból is hiányoznak a Nama sorozat petalo-organizmusai. A Szovjetunió következőkben ismerttetendő hiánytalan rétegsorai — melyek a szerzők hiányos irodalomismerete következtében nem kerültek említésre — meggyőzően bizonyítják az ediacara típusu faunák, közte a Nama rétegsor faunáinak, kambrium előtti korát. Jó példáját nyújtja ez a cikk annak, hogy szórványos, bizonytalan adatokra alapított általánosítások nehezen állják ki az elemző vizsgálatot.

#### 3.1.4 Mit mondanak a folyamatos vendiumi-kambriumi rétegsorok?

Talán első pillanatban furcsán hat az a tény, hogy a legtöbb bizonytalanság a fejlődés menetét, a leletek időbeli elhelyezkedését tekintve ott van, ahol az utóbbi években nagy tömegű ősmaradványt találtak — a vendiumban. Teljesen érthetővé válik ez, ha meggondoljuk, hogy a pre-rifeikum és a rifeikum leleteit egymástól nagyobb távolságok választják el, mint a vendium egész tartama. Ez utóbbi viszonylagos rövideisége a radioaktív korhatározási adatok felhasználhatóságát is korlátozza.

SZOKOLOV (1976) tanulmányozta a Szovjetunió nagy prekambriumi ősmaradvány előfordulásait. Ezeknek különleges jelentőséget ad, hogy — Ausztráliával ellentétben — a vendium képződményei itt sok helyen hézagtalanul mennek át a kambriumi képződményekbe és folyamatosan őslénytanilag dokumentáltak. A legősibb soksejtű állatok a felső rifeikumból, mintegy 1 milliárd évvel ezelőttről ismeretesek életnyomaik alapján. E férgekre emlékeztető életnyomok váznélküli szervezetektől származnak. A vendiumra az ediacara típusu fauna jellemző. E faunára az jellemző, hogy nincs váz, de a kültakaró olyan tömör, hogy az iszapos aljzaton maradt lenyomatokból a szervezeti felépítés meglehetősen jól rekonstruálható. A sekély tengerben a maitól eltérő környezeti feltételek lehettek: kevés volt a tetemeket elfogyasztó és lebontó élőlény. Sajátos vonása a vendium faunájának a nagy termet (több deciméter). Ez kedvező környezeti viszonyokkal, betöltetlen ökológiai résekkal (valamely speciális életmódu szervezet által a környezetből elfoglalt hely), bőséges táplálékkal, a növekedést fékező váz hiányával magyarázható. Törzsi szinten az alapvető szétkülönülés már a vendium felső részében kimutatható. Az Ediacara és Nama faunák időbeli egymásutánja pillanatnyilag még nem tisztázható kielégítően.

A vendium legfelső részén nagyon sok életnyom van, de megritkulnak a tesetmorfológiát őrző lenyomatok. Ez a szervesanyag lebontók és dögpusztítók felvirágzásának eredménye lehet, ami serkentőleg hathatott a többi csoport evolúciójára is, különösen a váz kialakulására.

A folyamatos rétegsorokban a kambrium legalsó rétegeiben az egyre változatosabb életnyomok mellett sok csöves szesszilis szervezet jelentkezik. A csöves váz életmódbeli alkalmazkodást jelent és kevésbé utal a rendszertani hovatartozásra. A további rétegekben fokozatosan megjelennek a vázzal bíró szervezetek egyéb csoportjai.

A folyamatos szelvényekben a határ megvonását megnehezíti az, hogy egyes vázzal bíró csoportok már a középső vendiumtól előfordulnak, a váz kialakulása az állatvilágban fokozatos. Ezért a határt a minőségi változásnál kell megvonni (a csöves szervezetekkel jellemezhető vagy a sokféle vázas csoporttal jellemezhető rétegcsoporthoz alapján).

Ez az elmélet egy lehetséges választ ad arra a kérdésre, miért van egy bizonyosfokú törés a prekambriumi és kambriumi faunák között, miért nem tudjuk a fejlődési vonalakat végig összekötni. Ugy tűnik, egy jelentős átmeneti szakaszban (legfelső vendium - legalsó kambrium) a fosszilizációs lehetőségek romlása következett be. Biznunk kell azonban abban, hogy előbb-utóbb rábukkannak olyan lelőhelyre, ahol különlegesen kedvező fosszilizációs lehetőségek voltak, hiszen ilyenekre a Föld történetének minden szakaszából sok példát ismerünk. A leletek és lelőhelyek számának növekedésével a vendium egyes szakaszai is elkülöníthetőek lesznek faunájukkal és azok fejlődési egymásutánjával együtt.

### 3.1.5 A testüreg nélküli állatok egysejtrétegű ősei és a testüreges állatok neoteniás eredete

A metazoák kialakulásának és fejlődésének sajátos utját vázolja TERMIER A. és G. (1976). A fejlődés feltételezett kiindulópontjaként a Volvox-félékhez hasonló kolóniaalkotó protistákat teszik, melyekből a mai faunából ismeretlen egysejtrétegű monoblasztikus szervezetek, majd az érzékelő ektoderma és az emésztő endoderma elkülönülésével jellemezhető cölenteraták, majd a testüreges cölentaták alakultak ki. Az ediacara típusú ősmaradvány-anyagban az első csoportnak semmi nyoma, a másik kettő viszont változatos formákkal jelentkezik. E fejlődési sor tanúként a szerzők a kambriumi Radiocyathus és Archeocyathus féléket tekintik, melyek sze-



rintük mind a monoblasztikus, mind a coelenterata jellegű gastrea állapotot képviselik. Ezek mutatnák egyúttal, hogyan vált szét a szivacsok és csalánozók fejlődési iránya.

Az ediacara fauna cölomatáinak egy része a TERMIER házaspár szerint lárva-jellegeket mutatnak, ilyen a szilárd váz hiánya is. Az ilyen lárva állapotban megrekedt fajokat ért mutációs hatásokra jött létre a fő törzsek legyezőszerű kiágazása egységes ősformákból. A törzsfelődés alapján neotenikus volt.

Ennek az elméletnek — erősen spekulatív jellege mellett — fő buktatója a jelen visszavetítése a múltba. Különösen nehezen fogadható el a coelomata törzsek neotenikus eredete. A lárvaállapotban való megrekedés megelőző teljes fejlettségű állapotot feltételez, melynek lárva állapotait is ismerjük, ilyet azonban az ediacara típusu formák esetében nem ismerünk. A szerzők mai lárvákkal, illetve a prekambriumnál későbbi faunaelemek lárvaival tesznek összehasonlítást, s ezzel mintegy az ok elé helyezik időben a következményt. A neoténias kiindulás így teljesen megalapozatlan marad.

Az archaeocyathus-alakkört, mint a cölenteraták ősformáját megint önkényesen vetitik vissza a múltba, hiszen a vendiumból — egy bizonytalan leletcsoporttól eltekintve — az Archaeocyathus félék és szivacsok ismeretlenek. A paleontológia számtalan ténye bizonyítja, hogy az evolúció eredményeként született élőlénycsoportok sajátosságai nem adnak egyértelmű választ arra nézve, hogy milyen előző formából és milyen úton jöttek azok létre. Egyetlen megfelelően értelmezhető ősmaradvány jobb tájékoztatást nyújt minden látványosan spekulatív elméletnél e téren.

### 3.1.6 Ragadozók megjelenése és az evolúciós fellendülés

A kambriumi nagy fellendülést más tényezőkkel magyarázza CANET (1975). Szerinte a prekambriumi életre gyér és szegényes élővilág volt jellemző. A fajképződési robbanást a ragadozók kialakulása okozta. Erre a mai faunákból idéz példát, ahol ragadozók jelenlétében fajgazdag a fauna.

Kérdés, hogy a faunák a ragadozóktól fajgazdagok-e, vagy fajgazdag faunákhoz csatlakoznak a ragadozók? Nem természetes-e egy viszonylagosan alacsonyabb fokú változatosság a kialakulóban lévő élővilágban e nélkül is? Anélkül, hogy kétségbevonnánk a ragadozó életmód megjelenésének szerepét a bioszféra fejlődésében, meghatározó szerepet neki aligha tulajdoníthatunk, különösen tárgyi bizonyítékok hiányában.

## 3.2 Nem biológiai tényezőkön alapuló elméletek

### 3.2.1 Fejlődés és kozmikus katasztrófa

Az elméletek egy része külső befolyásoló tényezőt hív segítségül. ZAHAROV (1972, 1973) például azt a tényt, hogy a prerifeikum 2,7 és 2,2 milliárd év közti szakaszáról nem ismerünk szerves maradványokat, kataklizma elmélettel magyarázza. E rétegek kőzettanilag szerinte maradványokat kellene hogy tartalmazzanak. Képződésük rendkívül erős tektonikai jelenségekkel egyidős, az időben későbbi rétegekben pedig szerinte megismétlődnek az életfejlődés ősi, kezdeti szakaszai. Mintegy 2,7 milliárd éve a már eléggé fejlett élet egy nagy aszteroidának a Földre való zuhanása miatt megsemmisült és később újra keletkezett.

A földi élet a Föld történetének törvényszerű, de speciális jellemzőkkel jelentkező szakaszában alakult ki.

Nehéz elképzelni, hogy egy pusztító katasztrófa az élet keletkezéséhez szükséges fiziko-kémiai körülményeket újra rekonstruálhatta volna. Jobban elképzelhető, hogy az adott időszakasz nem ősmaradvány-mentes, csak nem kellőképpen ismert, vagy valamilyen (katasztrófális?) okból az élet tere beszűkült. Erre a választ ismét a tényleges kutatási adatoktól várhatjuk.

### 3.2.2 Az élővilág fejlődése a légkör fejlődésének függvényeként

A másik elterjedt — többé-kevésbé külső tényezőn alapuló — elmélet a földi légkör szabályozó szerepére vonatkozó elmélet. A légkör  $O_2$  tartalmának csak elenyésző része (egyész számítások szerint a mai 0,1%-a) jöhetett létre az ibolyántuli sugarak hatására, a többi növényi fotoszintézis terméke. Az élet 3,5 milliárd éve redukáló atmoszférában keletkezett és 3 milliárd éve termelik az első növényi szervezetek az oxigént.

Ennek menetét FISCHER (1972) — korábbi szerzők munkáinak összefoglalásaként — 3 modellben vázolta fel.

1. A Föld története során az  $O_2$  tartalom a légkörben fokozatosan nőtt, az ibolyántuli sugárzás 2 milliárd éve nem korlátozza az élet fejlődését. E modell tul egysikuan szemlélteti a légkör kialakulását.

2. A második modell szerint a kambrium elején érte el az oxigéntartalom a Pasteur pontot (1%-a a mainak), és a devonban a mai 10%-át. Az előbbi lehetővé tette az oxigénlégzés és a soksejtű állatok kialakulását (a váz a sugárzás elleni védő pajzsként alakult ki), az utóbbi a szárazföld meghódítását (kellő magaslégköri ózonpajzs védett az ultraibolya sugárzástól). A szerző szerint ez ellen szól a 3 mil-

liárd éves fotoszintézis és különösen az, hogy 2 milliárd évvel ezelőtt már élet volt az ár-apályövben.

3. FISCHER saját véleménye szerint 2 milliárd éve halmozódhatott fel a mai oxigénmennyiség 1%-a, ekkor az egysejtű növények meghódították a sekély tengerfenéket és a pelagikumot, ezzel ugrásszerűen nőtt a biológiai produktivitás. A szárazföld véleménye szerint már a metazoák megjelenése idején benépesülhetett alsóbbrendű növényekkel, ami tovább fokozta az oxigén-gyarapodást. A fejlett szárazföldi növények és gerincesek kialakulása szerinte nem az oxigéntartalom függvénye, hanem biológiai jelenség.

Külső környezeti tényezők — így a légkör oxigéntartalmának alakulása — nyilván nagyon jelentős szerepet játszottak és játszanak az élővilág fejlődésében. Miután azonban külső és belső hatások tömege éri az élőlényeket, fejlődésük ezek eredője lesz. Ezért látja nagyon helyesen FISCHER, hogy az élővilág fejlődése és a légkör fejlődése nem ábrázolható egyazon görbén kölcsönös összefüggései ellenére sem. A valóságos összefüggéseket csak olyan vizsgálatok tárhatják fel megfelelően, melyben a légkör fejlődésére az élővilágtól független adatokat is kapunk.

#### 4. Összefoglalás

I. Az élet, az élővilág és annak fejlődése az anyagi világ egyik legösszetettebb jelensége. Ilyen jelenségeket csak sokoldalú megközelítéssel értelmezhetünk. Sajnálatos módon ezt a kimeríthetetlenül sokoldalú valóságot a különféle tudományágak művelői leggyakrabban egyetlen ok-okozati összefüggésben kívánják megmagyarázni. Munkájuk pozitív oldala, hogy szinte mindig megragadnak egy időben és térben korlátozott részigazságot, negatívuma, hogy igyekeznek ezt kiterjeszteni a jelenségek sokkal nagyobb körére.

II. A szerzők egy része az evolúció meghatározó tényezőit kizárólag az élő anyag belső sajátosságaiban, mások külső, az élő világtól független okokban keresik. Nem nehéz megállapítani, hogy bármelyik oldal figyelmen kívül hagyása komoly hiba, hiszen az élővilág olyan nyílt rendszert alkot, mely csak külső környezetével való állandó kölcsönhatásában létezhet.

III. A fejlődés fordulópontjaiban mindig számos tényező hat. Feladatunk annak megállapítása, hogy konkrét helyen és időben az élővilág egyes csoportjaira nézve mely tényezők lehettek döntő hatással.

IV. Nem célszerű mindent "Ádám-Évához" (közös ős) visszavezetni. Nincs elvi alapunk sem annak feltételezésére, hogy a mai végtelen gazdagságu élővilág az élet születésekor homogén massa lett volna. A mai élővilágban felállítható "fejlődési sorok" nem vetíthetők vissza a múltba. Magasabb rendű szervezetek őslénytani leleteiből már nagyon sok esetben kiderült, hogy a fejlődés utjai egészen mások voltak, mint ahogy a mai formákból elképzelték. Nyilván igaz ez az élet korai fejlődési szakaszára is. Ténylegesen bizonyítékokat csak az egyre szaporodó őslénytani leletektől és azok vizsgálati módszereinek fejlődésétől várhatunk.

V. Az őslénytani dokumentumok alapján megállapíthatjuk a következőket:

A) Az élet legősibb formái minőségileg különbözhetnek az élet mai legprimitívebb formáitól.

B) A pre-rifeikum során alakult ki az élő anyag sejtszerveződési szintje.

C) A rifeikum során alakulhatott ki a sejtmag.

D) A soksejtűség kialakulása megelőzte a sejtmag kialakulását (legalább is a szervezetek egy részénél).

E) A tengerfenéken élő állat- és növényvilág nagy része tengerfenéken élt vegyes (állati és növényi) táplálkozású ősoktól eredt.

F) Az egysejtű állatok és a soksejtű vízben lebegő-uszó állatok eredete őslénytanilag még nem dokumentálható.

G) A soksejtű, tengerfenéken élő állatvilág nyomai a rifeikum végéről (közel 1 milliárd éve), maradványai alapján pedig a vendiumból ismert (700 millió éve).

H) A soksejtű állatok fejlődésében a vázképződés ősi jelleg, mely a vendium során — még nem teljesen tisztázott okok miatt — gyengébb volt és a kambriumban megerősödött.

I) A mai állattörzsek már kialakulásuk kezdeti lépéseinél elkülönültnek látszanak, közös ősf ormákra visszavezetésüket tények nem igazolják.

J) A prekambriumi fejlődési formák jelentős része nem vezetett tovább a mai élővilág felé.

Mindezen megállapítások még csak egy-egy foltot világítanak meg a prekambriumi életfejlődés tablóján, de az ismeretek állandó gyarapodásával egyre jobban rekonstruálható lesz ez a sokirányú, eredményében és okaiban egyaránt rendkívül összetett fejlődés.

## IRODALOM

## REFERENCES

- CANET, G.: Il y a 600 millions d'années: l'explosion de la vie animale.  
(Sci. et avenir, 1975., No. 341., 690-696.)
- 
- FISCHER, A. G.: Atmosphere and the evolution of life.  
(Main Currents, 28., No.5. 1972.)
- GLAESSNER, M. F., WADE, M.: The Late Precambrian fossils from Ediacara, South Australia.  
(Palaeontology, 9.4. 1966. pp. 599-628, pl. 97-103.)
- HORVÁTH J.: A mozgás szaktudományos és filozófiai feltárásának egysége és különbözősége.  
(ELTE TTK Filozófiai Tanszéke, Budapest, 1973. pp. 1-104.)
- KAEVER, M., RICHTER, P.: Buschamannia roeringi n.gen., n.sp. (Archaeocyatha) aus der Nama-Gruppe Südwestafrikas.  
(Paläont., Z., 50, 1/2, 27-33, 1976.)
- KNOLL, A. H., BARGHOORN, E. S.: Precambrian eukaryotic organisms: a reassessment of the evidence.  
(Science, 1975., 190, No. 4209, 52-54.)
- PFLUG, H. D.: Zur Fauna der Nama-Schichten in Südwest-Afrika I-IV.  
(Palaeontographica, Abt.A., 135, pp. 198-231., T. 33-35, 1970; 134, pp.226, T.20-23, 1970;

139, pp. 134-170, T. 27-39., 1972. 144., pp. 166-202, T. 35-43., 1973.)

PFLUG, H. D.: Vor- und Frühgeschichte der Metazoen.  
(N. Jb., Geol. Paläont. Abh., 145, 3, 328-374, 1974.)

PFLUG, H. D.: Strukturiert erhaltene Fossilien aus dem Archaikum von Südafrika.  
(Paläont., Z., 50, 1/2, 15-26., 1976.)

SCHINDEWOLF, O. H.: Über präkambrische Fossilien.  
(Z. dt. Geol. Ges./Stille-Festschr./455-480, 4 Taf. Stuttgart, 1956.)

SCHINDEWOLF, O. H.: Über die ältesten Lebewelten der Erdschichte.  
(Scientia, 54, 1960, février, pp. 1-7, Asso)

SCHOPF, J. W.: Microflora of the Bitter Springs formation, Late Precambrian, Central Australia.  
(J. Paleont., 42, 3, pp. 651-688, t. 77-86, 1968.)

SCHOPF, J. W., BLACIC, J. M.: New microorganisms from the Bitter Springs formation (Late Precambrian) of the North-Central Amadeus Basin, Australia.  
(J. Paleont., 45, 6, pp. 925-959, t. 105-113, 1971.)

SCHOPF, J. W., HAUGH, B. N., MOLNAR, R. E., SATTERTHWAIT, D. F.: On the development of metaphytes and metaxoans.  
(J. Paleont., 47, 1, pp. 1-9, 1973.)

SCHOPF, J. W.: The development and diversification of Precambrian life.  
(Orig. Life, vol. 5., pp. 119-135, 1974.)



- SCHOPF, J. W.: Precambrian paleobiology: problems and perspectives.  
(Annu.Rev.Earth and Planet, Sci., Vol.3. Palo Alto, Calif., 1975., 213-249.)
- SZIGETVÁRI S.: Az élő anyag megismerésének filozófiai problémái.  
(ELTE TTK Filozófiai Tanszéke, Budapest, 1973. pp. 105-146.)
- 
- SZOKOLOV, B. S.: Metazoa dokembrija u vendo-kembrijszkij rubezs.  
(Paleont.zs., 1976.1.3-18.)
- TAPPAN, H.: Possible eucaryotic algae (Bangiophycidae) among early Proterozoic microfossils.  
(Bull.Geol.Soc.Amer.1976., 87., No.4., 633-639.)
- TERMIER, A., TERMIER, G.: Ediakarszkaja fauna i evolucija zsvotnovo mira.  
(Paleont.zs., 1976.3.22-29.)
- ZAKHAROV, S. A.: O verojatnom pererüve v razvityii zsviznyi.  
(Dokl.AN Tadzs. SzSzR, 1972, 15, No.11.41-44.)
- ZAKHAROV, S. A.: O tempah evoljucii zsviznyi v nacsale etapü jijo razvityija i o granyice arheja i proterozoja.  
(Izv.AN Tadzs.SzSzR, Otgy.fiz.-mat. i geol.-him, n., 1973.No.2, 85-100.)