

A fossziliák üledékföldtani értékelésének módszerei és újabb eredményei

Dr. Géczy Barnabás

Összefoglalás: A nem öncélú őslénytan és az üledékföldtan között szoros a kapcsolat. A fossziliák anyaga, alakja, a szervezet és a környezet kölcsönhatása, valamint a szerves élet törzspejlődése elősegíti az egykori összetett üledékképződési és közettévalási folyamatok megértését. Az utóbbi évek ilyen irányú vizsgálatai többé kevésbé függetlenek a klasszikus, rendszerező őslénytan célkitűzéseitől. Az alkalmazott őslénytani módszerek és eredmények bemutatása elősegítheti a hazai komplex üledékföldtani vizsgálatok fejlődését.

I. Bevezető

A geofizikusok szerint a Föld központjától a felszín felé haladva a homogéntől az egyre heterogénebb anyag felé közeledünk. A legváltozatosabb és legösszetettebb szerkezetek és folyamatok a lithoszféra felszínét, a bioszféra jellemzik. A bioszféra múltjának kutatása az őslénytan feladata. Mindig voltak, ma külföldön sokan vannak, és ha a természettudományos műveltség hazánkban mélyebb gyökeret ver, nálunk is bizonyára nagyobb számban lesznek olyanok, akiket a bioszféra története *önmagában* érdekel. Fontosabb feladat azonban az alkalmazott őslénytan azon módszereinek ismertetése, amelyek földtani következtetésekhez vezetnek. Az adott keretek között elsősorban azokat az összefüggéseket kutatjuk, amelyek az őslénytant az üledékes földtanhoz, különösen a *szedimentológiához* fűzik.

A bioszféra történetének legjobb forrásai, dokumentumai a *fossziliák*. A fosszilia szót tágabb értelemben használjuk, ide sorolva az egykori szervezetek maradványait és életműködésük nyomait (*nyom-fossziliák*). A fosszilizálódásnak háromféle lehetősége van, aszerint, hogy

1. csak az anyag,
2. az anyag és az alak,
3. csak az alak marad meg (pl. lenyomatok).

Az első két esetben a szervezetek szerves vagy szeretlen vázanyaga az őslénytan keretein *kívül*, *önmagában* is vizsgálható.

II. A fosszília mint anyag

Az üledékes kőzetbe zárt fosszília ugyanolyan alkotórésze a lithoszférának, mint a kavics vagy nehézásvány. *A földtani anyagvizsgálat keretébe* tehát, az ásvány- és kőzetanyaghoz hasonlóan, az *őslénytani anyag is beletartozik*. Sőt,

amilyen mértékben elveszíti a fosszilia eredeti alakját, ugyanolyan mértékben távolodik el a kutatása az őslénytantól a kőzettan és a geokémia felé. Ez az éghető (*kauszobiolitok*) és éghetetlen (*akauszobiolitok*) kőzetekre egyaránt vonatkozik. A kőszeneket, bár növényi eredetűek, nem az ősnövénytan, hanem a szénkőzettan vizsgálja, és a paleobotanika feladata csak az lehet, hogy segít a genesis és az egykori környezet értékelésében.

A kőzettan számára a fossziliák elsősorban *tömeges felhalmozódásuk* miatt jelentősek. Jelenleg a Föld 75%-át üledékes kőzetek borítják. Az üledékes kőzetek jelentős hányada pedig vagy a szilárd váz gyakran mikron kicsinységűre szétporladt részecskéiből áll, vagy a vázból utólagosan kioldott mészhagy kova anyagból. LAPORTE (1968) szerint a *szervezetektől kiválasztott ásványi anyag közvetlenül és jellemzően meghatározhatja az üledék végső összetételét és szerkezetét.*

Újabban egyre nagyobb figyelmet szentelnek azon fossziliák anyagvizsgálatára, melyeknél az anyag és az alak egyaránt megmaradt. A szerves anyag fosszilizálódása (pl.: Geiseltali eocén klorofill tartalmú levélmaradványok, szibériai pleisztocén mammutok stb.) természetesen ritka. Annál gyakoribb az az eset, amikor a szilárd *külső vagy belső váz* fosszilizálódik. A váz anyaga és szerkezete gyakran módosul. A fosszilizálódás egyúttal átalakulás. A mai szervezetek vázát ismerve a kiindulópont sokszor meghatározható, és magának az átalakulásnak a folyamata, a diagenézis földtani szempontból is értékes információkat nyújthat.

A fosszilis váz anyagvizsgálata ugyan kémiai (*paleobiokémia*) és ásványtani (*biomineralógia*, ERBEN, 1971) módszert igényel, a következtetés azonban már földtani és őslénytani. A fosszilis *aminosavak* kromatográfiai vizsgálata nem csak külföldön bizonyult eredményesnek (ordoviciumi Brachiopodák, devon páncélos halak), hanem hazánkban is (SZŐÖR). A Graptoliták *protein* összetételének meghatározása általános evolúciós szempontból volt lényeges.

A fossziliák *izotóp* vizsgálata különösen az őshőmérséklet, ennek segítségével a paleoceanográfiái és a tektonikai változások megállapításában nyújt segítséget. A legismertebb eredmények a negyedidőszaki klímaváltozásokra vonatkoznak. A vizsgálat alapját az óceánok mélytengeri iszapjának fúrómintáiból nyert plankton *Foraminifera* (Globigerinák) vázáinak O^{16}/O^{18} izotóp viszonya szolgáltatta. Az ősmaradványok abszolút kormeghatározását, legalább is az utolsó 50 000 évre kiterjesztve, a C^{14} módszer alkalmazása biztosította. A „folyamatos” rétegsorok eddigi vizsgálata sokkal több eljegesedésre (ennek megfelelően sokkal több tengerszint változásra) vetett fényt, mint ahogyan azt korábban, a négy klasszikus eljegesedés alapján elképzelték.

A váz *ultraszerkezetének* megismerésében a Stereoscan elektronmikroszkóp őslénytani alkalmazása hozott döntő fordulatot (ERBEN, 1971). A kutatás újképletűségének megfelelően a váz szerkezetének megismerésében egyelőre még az adatgyűjtés szakaszában tartunk.

Mindenesetre a fosszilis váz
mikromorfológiájának,
mikrofelületének és
ultraszerkezetének megismerése, és ma élő szervezetek

vázának hasonló jellegű vizsgálata elősegíti a diagenézis és újrakristályosodás bonyolult problémáinak megértését. A váz lemezes felépítéséből a környezetre (pl. a hold hónap időtartamának megállapítására) is következtethetünk.

III. A fosszília mint test

A fossziliák morfológiai vizsgálata csak részben rendszertani jelentőségű. A fossziliák, *mint testek is*, a beágyazódási viszonyok figyelembevételével földtani következtetésekre alkalmasak, anélkül hogy pontosabb rendszertani viszonyuk tisztázása szükséges lenne.

Az üledéken vagy az üledékben élő, illetve az oda kerülő váz olyan „*teszt*”-nek fogható fel, amely nem csak az egykori környezeti viszonyokra, hanem az üledékképződéssel és az utólagos átalakulással kapcsolatos folyamatokra is utal. A beágyazódási viszonyok ismerete tehát a palaeoökológia, a szedimentológia és a diagenézis szempontjából egyaránt lényeges. *Terepi megfigyelésekről lévén szó ez a vizsgálat sem különösebb műszeres felkészültséget, sem pedig időrabló irodalmi előtanulmányokat nem igényel.*

A tengerfenékre került egyszerű, kúp- vagy szivaralakú fossziliák, mint pl. az Orthocerasok, Belemnitesek, vagy a magas spirájú csigák (*Cerithium*, *Turritella*) a vízmozgás hatására irányítódnak, és csúcukkal az áramlás iránya felé fordulnak. Az ősmaradványok irányítottságából tehát az egykori áramlás iránya leolvasható. Hazánkban e téren harmadidőszaki ősmaradványokon úttörő vizsgálatokat BODA végzett, újabban GALÁC és VÖRÖS (1969) mezo-zóos dolgozata említésre méltó.

Nehezebb az áramlás irányának meghatározása a félgömb alakú, konkáv-konvex alakoknál, mint amilyenek általában a kagylóteknők. Mozdulatlan közegben a teknők domború oldalukkal lefelé ülnek az iszapba, vízmozgás hatására azonban átbillennek, és a domború oldal felülre kerül. Azonban a kísérleti vizsgálatok szerint a búb nem minden esetben fordul az áramlás irányában, hanem ellentétes irányba is nézhet. Az áramlás irányának értékelésénél itt a teknő körvonalát, díszítését, valamint az üledék minőségét is figyelembe kell vennünk.

A lapos, lemezszerű kagylók, Nummulitesek stb. általában réteglappal párhuzamosan fekszenek. A kagylók körébe tartozó jura *Bositra* félek rendellenes helyzetéből CASTELLARIN (1966) érdekes tektonikai következtetésre jutott. A mediterrán jurában gyakoriak a tengeralfatti hasadékok, melyeket fiatalabb üledék tölt ki. CASTELLARIN megfigyelése szerint a hasadékokban a kagylók nem vízszintesen helyezkedtek el, hanem a hasadék oldalfalával párhuzamosan. A hasadékitöltő iszap tehát nem lassan hullott be az üregbe, hanem a hirtelen szétnyíló hasadék szívó hatása miatt injekciószerűen nyomult be. A kagylók helyzete adott esetben színszedimentációs hegység szerkezeti mozgásra utal.

Egyes, tengeralfatti ázó életmódot folytató, inbenthosz szervezetek hengeralakú, kürtőszerűen lefelé mélyülő, majd gyökérszerűen szétágazó üreget hagynak maguk után. A henger falát gyakran nyálkával cementálják össze. Az újrameginduló üledékképződés során ezek az üregek kitöltődnek. Később az üledék elhordása, degradálódása esetén a kitöltött csövek megmaradhatnak, majd az alsó (eredeti) üledék eróziója után összetörve a réteglapon halmozódnak fel. Ezekből a cső-temetőkből egykori lehordásra következtethetünk (GOLDRING, 1964).

Minél bonyolultabb a fosszilis váz felépítése, annál több tájékoztatást nyújthat az üledékképződés helyéről és mikéntjéről. A tengeri liliumok váza lemezekből áll. Az egyes testrészek lemezei könnyebben (kar- és nyélzék, kehely), vagy nehezebben (gyökér) esnek szét. A különböző lemezek különböző mérték-

ben porózusak, ami elősegíti az egyes vázrészek lebegését. A gyökér gyakran szilárd aljzatra nő és így az eredeti élethelyet rögzíti. Mivel a szállításnál a nehézségi erő hatására szétkülönülés megy végbe, a különböző vázrészek beágyazódási helyéből az egykori vízmozgás intenzitására, azaz a tengeraljzat topográfiai viszonyaira következtethetünk. A hosszabb összefüggő nyéldarabok és a nyélről letépett, ép kelyhek az eredeti élethely közelségére, és viszonylag alacsony energiájú közegekre: a *Crinoidea* törmelék erős feldolgozódásra, hosszabb szállítódásra és esetenként erős vízmozgásra utal. A különböző krinoideás fácieseket térképezve RUHRMANN (1971) egy szilur zátonykomplexum üledékképződési viszonyait tárta fel. Mivel a fáciesővek nyomankövetése az utólagos hegység szerkezeti mozgások megállapításához vezethet, a biofáciesek egymásmellettségének értékelése földtani szempontból lényeges.

Rendkívül összetett „*teszt*”-nek foghatók fel a külsővázaz Cephalopodák kamrázott házai. A többnyire egysíkban felcsavart, kamrázott, és szifóval átjárt ház összetett *kazettarendszer*, amely az üledékképződés olyan mozzanatait is megőrizheti, aminek a bezáró kőzetben nincs nyoma. A legegyszerűbb esetben a végleges üledék benyomul a lágytest helyére a lakókamrába, elzárja az utolsó kamra nyílását, és a szerint, hogy a ház kioldódik-e vagy sem, vagy a teljes példány fosszilizálódik, vagy csak a lakókamra kőbele, vagy esetleg, ha az üres kamrák elcalcitosodtak vagy elpiritesedtek, csak a belső, kamrázott kanyarulat marad meg (v.ö. HUDSON, PALFRAMAN, 1969). Mindenesetre ilyenkor a lakókamra és a beágyazó kőzet anyaga azonos. Ha a ház a beágyazódás során megsérül, a lakókamrától a sérült ház nyílása felé tartó áramlás az üledéket behordja a kazetta rendszerbe, és ott leülepti azt (SEILACHER, 1968, MUNDLOS, 1970). A kamrakitöltés, a kamrákban uralkodó örvénylő mozgás és az üledék rogyása miatt, homorú felületű lesz, a ház mint derítő medencerendszer működik.

Az első üledékkitöltést elmosás vagy feldolgozódás követheti, amikor a lakókamrából az üledék kihull, és helyébe új üledék rakódik le. A ház kioldása esetén, ilyenkor a lakókamra és a beágyazó kőzet azonos anyagú, de a többi kamra kitöltése nem. Amikor a ház új üledékbe halmozódik át — az ilyen intenzív feldolgozódásnak a Föld múltjában számos bizonyítéka van — előállhat az az eset, hogy a kamrák, a lakókamra és a beágyazó kőzet anyaga különböző.

A folyamatot módosíthatja a háznak, azaz a kazetta rendszernek üledéken belüli helyzete. Vannak olyan Ammonitesek, amelyeknek függőlegesen betemetett háza úgy töltődött fel, hogy az egyes kamrák felső része libellaszerűen üresen maradt. Mivel az üledék beáramlása a szifón keresztül történik, ez esetben a kőbélképződés mikéntje ma is nyitott kérdés maradt (SEILACHER, 1966).

A már véglegesen kitöltött házak kimosódásának, koptatásának, kioldásának számos további változata lehetséges (v.ö. SEILACHER 1963, 1971), melyek mindegyike az egykori szedimentációs folyamatok (üledékképződési szünet, korrózió, turbulens vízmozgás, az üledék anyagának megváltozása, oldás stb.) összetettségére utal.

Mivel az Ammonitesek házáinak növekedése a logaritmikus spirális törvényszerűséget követi, amennyiben a bezáró kőzet hegység szerkezeti mozgások miatt változást szenvedett, a ház deformációja alapján az összenyomódás iránya és mértéke számszerűen kifejezhető (GÉCZY, 1968).

IV. A fosszília mint egykori élőlény

Fokozódik a fosszília földtani jelentősége, ha nemcsak mint üledékbe zárt testet, hanem mint egykori élőlényt is vizsgáljuk. A következtetés ilyenkor az egykori környezet rekonstruálására irányul, a kutatás célja *palaeoökológiai*. A következtetés alapja az a tény, hogy minden szervezet kapcsolatban, kölcsönhatásban és dinamikus egyensúlyban van környezetével. Ezért nem lehet a fossziliákat, mint erre AGER helyesen utalt, *in vacuo* tanulmányozni.

LAMARCK, majd CUVIER egykori feltevéseit leegyszerűsítve sokszor a kapcsolatot egyszóval és mechanisztikusan úgy értelmezték, hogy a szervezet pusztán az anorganikus „földtani” környezet függvénye. Ez ellen szól azonban már az a tény is, hogy minden élőlény több, mint az őt alkotó anyag. Természetesen az élőlény csak az adott környezeti feltételek mellett élhet, de nem biztos, hogy a számára „kedvező” környezeti feltételeket ténylegesen kihasználja-e? Más szóval a szervezet ott él, ahol élhet, de nem mindenütt él, ahol élhetne. Ezért nem bizonyíték a „nemleges előfordulás” az őslénytanban. A szervezet elterjedésében és törzsfajlásában a *belső* tényezőknek jelentős szerepe van. Az utolsó évszázadban több élőlény rendkívül gyors szétterjedését figyelték meg. A vízjácint Észak-Amerika trópusi területéből, szűk areából kiindulva a századfordulón Délkelet-Ázsiát és a szigetvilágot (Ausztrália, Fülöp szigetek, Japán, Hawaii, Ceylon) hódította meg. Azután Afrikában megtelepülve az egész trópusi övre kiterjeszkedett. Nem valószínű, hogy a gyors térhódítás oka az elterjedési központban uralkodó környezeti viszonyok általánosság, világméretűvé válásában lenne kereshető. *Egy-egy élőnyos bélyeg (kutin, légzsák, tüdő) kialakulása forradalmi változásokat okozhat a bioszférában.* A *belső* és különösen a *történeti* tényezőkkel magyarázható az a tény, hogy azonos környezeti feltételek mellett (pl. trópusi magashegység) *különböző* szervezetek élhetnek együtt, ugyanakkor egyes szervezetek egészen *különböző* környezeti feltételek mellett fordulhatnak elő (pl. pázsitfűvek). *Ha elhanyagoljuk a belső és a történeti tényezőket, nem csak a bioszféra történetét értjük félre, hanem a jelen élővilágának szerkezetét is.*

Földtani szempontból különösen figyelemre méltó az a változás, amit a szervezet a környezetében véghez visz.

Kísérleti vizsgálatok szerint a mesterségesen rétegzett aquáriumi üledékbe helyezett férgek rövid időn belül az üledék eredeti szerkezetét teljesen megsemmisítik (*bioturbáció*). Az inbenthosz szervezetek ásó életmódja ezen felül megváltoztatja az üledék anyagát is. Az üledék felületét általában baktériumokból és más egyszerűbb szervezetekből álló „szerves hártya” burkolja. Ez vízmozgás esetén megakadályozhatja az üledékszemcsék elmozdulását, és megkötheti a tengerfenék „talaját”. Az organoszedimentek különösen a sekélytengeri képződményekre jellemzők, közülük kerülnek ki a prekambrium „vezérkövületei”, a *stromatolitok*.

A szervezetek nem csak közvetlenül módosíthatják az üledék anyagát és szerkezetét, hanem közvetve is, az óceán és a légkör kémiai összetételének megváltoztatásával. Ezen a téren különösen a növények jelentősek, melyek fotoszintézisének O szabadul fel, ami számos szerves és szervetlen folyamatot befolyásol. Az első prekambriumi szárazföldi üledékek bomlatlan piritanyaga egyértelműen arra utal, hogy a légkör O-ja csak később alakult ki. Az ósíceán és az őslégkör O-tartalmának szabályozásában a lebegő életmódot folytató, sekélytengeri moszatok játszották a főszerepet. Ebben az időben az óceánok

kiterjedése sokkal nagyobb volt a mainál. Azokban az időszakokban, amikor a fitoplankton feldúsult, az óceánok pH-ja megnövekedett, a CO₂-nyomás csökkent, több mészszap rakódott le, és megnyílt a kőolaj-felhalmozódás lehetősége. Amikor azonban a moszatok törzsféjlődésében visszaesés következett be, a pH érték alacsonyabb lett, a CO₂-tartalom fokozódott és a karbonátos üledékképződés helyébe kovasavas üledékképződés lépett. Ilyenkor a tenger állatvilágában a zátonyalkotók és a ragadozók száma természetesen csökkent. Amikor a szárazföldön a növényi élet megjelent, a légkör O összetételének szabályozásában a tengeri moszatoktól mindinkább a szárazföldi növények vették át az uralmat (TAPPAN, LOEBLICH, 1971).

A fossziliák paleoökológiai értékelésénél figyelembe kell vennünk a szervezetek környezeti érzékenységének eltérő voltát. Vannak környezeti viszonyokra érzékeny *sztenők*, és érzéketlen *euryők* szervezetek. Földtani fogalmazással élve a sztenők szervezetek jó fáciesjelzők (pl. korallok, mészalgák), egyszerűen — amennyiben hosszabb földtörténeti időn át kitartanak, — rossz korjelzők. A környezeti viszonyok megismétlődésekor (transzgresszió, lehűlés) ismét felléphetnek, megnehezítve a rétegazonosítást.

A növények általában érzékenyebbek a környezetre (különösen a fényre és a hőmérsékletre) mint az állatok. Ezért szokás az ősnövényeket a „múlt hőmérőinek” nevezni. Nem véletlen tehát, hogy az őskörnyezet tanulmányozására hivatott palaeoökológia elnevezését botanikus (CLEMENTS, 1916 v.ö. BÖGER, 1970) vezette be.

A klimatikus tényezőkön (fény, hőmérséklet, csapadék, szél, légnedvesség) kívül a környezet fizikai tényezői közül a szárazföldi és tengeri térszín domborzati viszonyai, a tengerparttól való távolság, a vízmozgás, vízmélység, nyomás, üledékképződési viszonyok stb. jelentősek. A kémiai tényezők közül a levegő, talaj és a víz vegyi összetétele (O₂, N₂, C, Ca, hidrogén ion, sótartalom stb.) befolyásolja a szervezetek elterjedését.

A fossziliák segítségével háromféle módon következtethetünk az egykori környezetre.

1. A *maiság* (aktualizmus, uniformitarianizmus, a „jelen a múlt kulcsa”) *elvé* alapján a fosszilia ma élő rokonainak környezeti igényét vetítjük vissza a múltba.
2. A múltban élt szervezet *külső alaki* és *belső anatómiai* felépítéséből következtetünk az *egykori funkcióra*.
3. A beágyazódás módjából, szerkezetéből települési viszonyaiból, a beágyazódás módjából és a kísérő flóra- és faunaegyüttesből, azaz a *fáciesből* következtetünk az egykori környezetre.

Figyelmen kívül hagyva azokat a nehézségeket, amelyek a fossziliák meghatározásánál felmerülhetnek, az első, aktualisztikus módszer alkalmazását két körülmény korlátozza:

1. A múltban visszafelé haladva egyre nagyobb számban találkozunk olyan csoportokkal, amelyeknek mai megfelelője, *aktuális partnere* nincsen.
2. A szervezetek környezet-igénye *nem állandó*, hanem a törzsféjlődés során megváltozhat.

A kihalás előtt álló reliktum formák általában a környezeti viszonyokra sokkal érzékenyebbek, mint virágkorukat élő elődjeiké. A harmadidőszakban a mamutfenyő (*Sequoia*) vagy páfrányfenyő (*Ginkgo biloba*) világszerte el-

terjedt erdőalkotó volt. A pleisztocén eljegesedés azonban ezeknek a kiegyensúlyozott éghajlatot igénylő növényeknek az elterjedési területén katasztrófális pusztulást okozott. Ma mindkét nyitvatermő szűk elterjedési területre szorítkozik (Kalifornia, DNY-Kína). Kétségtelenül hiba lenne a mai elterjedési területükön uralkodó fizikai viszonyokat (hőmérséklet stb.) mechanisztikusan visszavetíteni fosszilis előfordulásaikra.

A formából a funkcióra következtetés a paleobiológia klasszikus módszere, ami a forma és a környezet feltételezett összhangjára épül. A szárazföldi növényeknél pl. a kutikula és a légrések levegővel érintkező felületre; a kagylóknál a vastag teknő meleg, trópusi éghajlatra, és sekélytengeri, erős vízmozgásra; az emlősöknél a gumós zápfog mindenevő életmódra utal. A következtetés azonban ez esetben is óvatosságot igényel. *Az alkalmazkodás során előállott, azonos alakú változások különböző külső tényezők eredményei lehetnek.* A fatörzs évgűrűs szerkezeteit a kambium időszakos működése okozza. A kambium működése azonban nem csak a téli hideg évszakban szünetel, hanem a száraz évszak beköszöntésekor is. Az évgűrűs fa a mérsékeltövi területen téli hidegre, a szubtrópusi területen viszont száraz évszakra utal. A vékony kagylóteknők általában a nyugodt, mélyebbvízi formákat jellemzik. Az egészen sekélytengeri kagylók közül azonban azok, amelyek nem a tengerfenéken, hanem a homokban vagy az iszapban behatolva élnek, szintén vékonyfalú teknőt választanak el. A mindenevő medvéknek sokgumós foga van. Egyetlen fajuk azonban, az óriás panda kizárólag bambusznádon él. Igaz ugyan, hogy a panda zápfoga viszonylag erősebb, mint a többi medvéé, mégis, kevés paleontológus vállalkoznék arra, hogy ebből, kihalt faj esetén, a speciális táplálékot megnevezze.

A forma és a funkció értékelés nehézségeit jól megvilágítják az Ammonitesek lágytestére vonatkozó újabb eredmények. Mivel a mai *Nautilus* háza alig tér el a kihalt *Ammonites*-ek házától, ebből korábban a két csoport lágytestének többé-kevésbé azonos felépítésére következtettek. Az újabb és fejlettebb vizsgálati módszerek, különösen a fossziliákról készített röntgenfelvételek (ZEISS, 1969), és a lakókamra kőbeléről készült csiszolatok az *Ammonites* számos olyan bélyegét (tintazacskó, befelé toló rágó, a radula felépítése, a karok száma) mutatták ki, amelyek a *Nautilus*-nál hiányzanak vagy eltérő jellegűek, ezzel szemben a mai belsővázas Cephalopodák felépítéséhez nagyon hasonlítanak (LEHMANN, 1971).

Lényegében az *Ammonites* ősi (*Nautilus*-szerű) házban élő modern, (belsővázás-szerű) élőlény volt. A külső váz csak álarc, ami mögött a *Nautilus*-nál sokkal fejlettebb szervezet rejtőzött.

A beágyazó kőzet környezet-értékelését megnehezíti az a körülmény, hogy az üledékes kőzet általában három különböző környezetet tükröz:

1. Az eredeti környezetet, ahonnan az üledékanyag származott;
2. Azt a környezetet, amelyben a szállítódás és a lerakódás végbement;
3. A kőzettévalás környezetét.

Ugyanakkor általában nem tükrözi azokat a fizikai és kémiai feltételeket, melyek az egykori környezet meghatározásához elsősorban fontosak (hőmérséklet, sótartalom, pH stb.).

A háromféle módszer hibalehetőségeinek ismeretében hangsúlyozható, hogy a környezeti következtetések megnyugtató eredményre csak akkor vezetnek, amikor kölcsönösen megerősítik egymást.

A szervezet és a környezet kölcsönhatásának összetettségét mérlegelve először ajánlatos minden lehetőséget figyelembe vennünk (*pluralisztikus megközelítés elve*), azután ezek közül kiszűrni azokat, amelyek előfordulása a legvalószínűtlenebb (*redukció elve*). Így jutunk el azokhoz a legfontosabb tényezőkhöz, amelyek az egykori környezet jellegét uralkodó módon megszabták. Az értékelést ajánlatos először adott rétegre vagy adott szelvényre korlátozni. Az ilyen irányú vizsgálatok szép példáját MCKERROW et al. (1969) adta. Az egykori élethely (biotop) pontos rögzítése után terjeszthetjük ki a vizsgálatot tágabb nagyszerkezeti egységekre, pl. tengermedencére, és vizsgálhatjuk a környezet időbeli változásait. Ez a kérdés azonban már a fossziliák történeti szerepéhez vezet át.

V. A fossziliák, mint a törzsfajlódás láncszemei

Akkor, amikor a földtan fejlődésére soha nem várt kiterjedés, az egyes rész-tudományok gyors önállósulása, és ezzel egyidőben más alaptudományok egyre fokozódó vonzó hatása jellemző, a tudomány egységének érdekében indokolt hangsúlyozni, hogy a földtan maga és tengelye, kutatási módszere és végső célja lényegében *történeti*.

A szerves élet evolúciójának következtében a szervezetek nem csak térben, hanem *időben is bizonyos határok közé korlátozódnak*. Ennek megfelelően a fosszilia önmagában is bizonyos időkaraktert hordoz. Az adott időjellegeket tapasztalati úton a történések egymásutánjába helyezni, azaz a fossziliák alapján a bezáró kőzet korát megállapítani és ezáltal a réteg tér—időbeli kapcsolatait tisztázni, mintegy 200 év óta a biosztratigráfia alapvető és leg-nemesebb feladata.

A rétegazonosítás módszereivel, hibalehetőségeivel és a biosztratigráfia alapjaival a Földtani Társulat Őslénytani-Rétegtani Szakosztálya ez évben kollokvium keretében foglalkozott. Az eredmények az Őslénytani Viták 17. sz. füzetében láttak napvilágot. Az ismétlések elkerülése végett ezekkel a kérdésekkel itt nem foglalkozunk. Érdeemes viszont figyelni arra, hogy milyen segítséget nyújt a biokronológia az üledékképződési folyamatok időbeliségének tisztázásánál.

A mai Közép-Atlanti mélytengeri hátságon BARLETT és GREGGS (1970) a karbonátos üledékképződés sajátosságos módját figyelte meg. Az üledéksorban megszilárdulatlan és megszilárdult üledékek váltják egymást. A megszilárdulatlan és a megszilárdult üledékek sztilolitszerű határral érintkeznek egymással. Az üledékbe zárt *Globigerina* vázak C^{14} módszerrel végzett kormeghatározása alapján a megszilárdulatlan és megszilárdult üledékek között nagy idő-eltérés mutatkozik, hozzávetőleg 32 000 év. A múltban visszafelé haladva a C^{14} módszer korlátozott lehetőségei miatt a hasonló jelenségeket kizárólag a fossziliák időbelisége alapján értékelhetjük. Ott, ahol az evolúciós sorból egyes láncszemek kimaradnak, a megegyező település és a látszólagos folyamatosság ellenére „időhézaggal” kell számolnunk. A Bakony-hegységben a hézagos rétegsorok következetes kimutatása KONDA (1970) érdeme. Egyes bakonyi szelvényben a kisvastagságú, *összesen 1–2 m vastag, azonos fáciesű* és azonos településű rétegeket az *Ammonites*-faunák eltérése alapján 3–12–25 millió évnyi időhézag különíti el egymástól. Ezek a jura szelvények erősen *kondenzáltak*.

A kondenzáció alatt nagyobb földtörténeti időegységnek (és fossziliáinak) kisvastagságú rétegben való sűrűsödését értjük. Maga a folyamat, különösen a korjelző Ammonitesek figyelembevételével jól tanulmányozott (v.ö.: FÜR-
SICH, 1971, GEYER és HINKELBEIN, 1971, JENKYN, 1971, WENDT, 1970 stb.), és különösen a viszonylag sekélyebb vízi területekre (tengeralatti hátságok, árapály öv) jellemző. A kondenzáció egyben a fossziliák feldúsulásával jár, hiszen ugyanannyi fosszília most sokkal vékonyabb rétegben halmozódik fel, mint rendes körülmények között sokkal vastagabb rétegekben. A kondenzációt gyakran faunakeveredés kíséri. Ilyenkor az egymásra következő rétegekben az egymásután fellépő formák szabálytalan sorrendben helyezkednek el.

normális sorrend	kondenzáció	keveredés
C	A + B + C	A A B B C C
B		B C A C A B
A		C B C A B A

Az ilyen kondenzált és részben kevert fauna klasszikus példája a TILL-tól és LÓCZY-tól vizsgált villányi kallovi ammoniteses pad.

A kondenzáció határeset az üledékképződés és az üledékhézag között. A két folyamat összműködését jól példázza FÜR-
SICH (1971) a juraidőszaki normandiai sekélytengeri keményfelszín kialakulásáról adott modellje.

A laza mészkövet itt először fenéklakó szervezetek ásták fel (bioturbáció), majd az üledék felső része elhordódott (omisszió). A szilárdabb üledékbe ásó szervezetek tartós járatokat készítettek, azután az üledék felső része megszilárdult, míg az alsó lágy maradt. A tengeralatti erózió kitágította a járatokat, és a keményebb réteg alatt kiterjedt üregrendszer hozott létre. A keletkezett kemény felszínen és az üregek mennyezetében „fordított helyzetben” ránótt szervezetek (*Serpula*) települtek meg. Azután megindult az üledékképződés és az üregek kitöltődtek. Az üledékképződés megszűntével a lazább üledékkitöltésben újabb járatok alakultak ki. Azután az üledék jellege megváltozott, és a kemény felszínen kékmoszatok életműködésének eredményeként stromatolit szőnyeg képződött. E fölött a „barna jura” jellegzetes vasoolitja következett, amely, kondenzáltan három Ammonites-zóna (azaz mintegy 3 millió év) fossziliáit tartalmazza.

Tagadhatatlan, hogy nem minden szelvény alkalmas ilyen elmélyült vizsgálatra. Néha azonban egy-egy fosszília is földtani szempontból jelentős lehet.

A hegységszerkezeti mozgásoktól erősen igénybe vett alpi területeken, a metamorf kőzetekben újabban több ősmaradványt sikerült kimutatni (*Globotruncana* albitban, tökéletesen megőrzött tengeri süntüske muszkovit kristályban stb.). Ezek ugyanolyan mértékben alakították át a korábbi nagyszerkezeti felfogást, mint ahogyan Magyarországon szilur graptoliták felismerése (ORAVECZ, 1964) átformálta a hazai paleozoikum földtörténeti képét. TRÜMPY (1971) az Alpok egyik legnagyobb ma élő tektonikus, amikor az Angol Földtani Társaság tiszteletbeli tagjává választották, ünnepi beszédében azt mondta

„Többet ér egy rossz kövület egy jó munkahipotézisnél”

Könnnyen előforduló hiba, hogy egy szaktudományt abban az állapotban megrekedtnek hiszünk, amikor tőle búcsút vettünk. Az őslénytant is sokan és tévesen az öncélú rendszertannal azonosítják, és nem vesznek tudomást azokról az eredményekről, amelyek az általános őslénytani és a szedimentológia kapcsolatából és fejlődéséből adódtak. Remélhető, hogy a külföldi kutatások eredményei további lendületet adnak a hazai feladatok megoldásához.

Irodalom

- AGER, D., V. WALLACE, P.: The distribution and significance of trace fossils in the Uppermost Jurassic rocks of the Boulonnais, Northern France. In: Crimes, T. P., HARPER, J. C.: Trace fossils
- AUBOIN, J., BROUSSE, R., LEHMAN, J. P. (1967): Précis de Géologie. Dunod edit. Paris, p. 1-480.
- BARLETT, G. A., GREGGS, R. G. (1970): The Mid-Atlantic Ridge, near 45° 00' North. Canad. Jour. Earth. Sci. 7/2.
- BOGSCS, L. (1968): Általános őslénytani. Budapest, p. 1-281.
- BÖGER, H. (1970): Bildung und Gebrauch von Begriffen in der Paläoökologie. Lethaia, 3, Oslo, p. 243-268.
- CASTELLARIN, A. (1966): Filoni sedimentari nel Giurese di Loppio (Trentino meridionale). Giorn. Geol. 33, 1965. p. 527-546.
- ERBEN, H. K. (1971): Biomineralisation. Stuttgart, New York, Schattauer Verlag
- ERBEN, H. K. (1971): Application of the SEM in Paleobiology. Scanning Electron Microscopy, I, Chicago, p. 233-239.
- FÜRSICH, F. (1971): Hartgründe und Kondensation im Dogger von Calvados. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 138, Stuttgart, p. 313-342.
- GALÁCZ, A., VÖRÖS, A. (1969): Belemnite fauna of the ammonite rich Callovian bed at Villány, Sout Hungary Ann. Univ. Sci. Budapest. Roland Eötvös. Sect. Geol. 12, Budapest, 1968, p. 117-139.
- GEYER, O. F., HISKELBEIN, K. (1971): Eisenoolithische Kondensations-Horizonte im Liás der Sierra de Espuna (Provinz Murcia, Spanien). N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1971, Stuttgart, p. 398-414.
- GÉCZY B. (1968): Felsőliás Ammonoideák Őrkől. Földt. Közl. 98, Budapest, p. 218-226.
- GÉCZY B. (1971): Az őslénytani rétegzonositás alapjai. Ősl. Viták. Budapest, 17, p. 3-13.
- GOLDRING, G. (1964): Trace fossils and the sedimentary surface in shallow-water marine sediment. In: STAATEN: Deltaic and Shallow Marine Deposits Elsevier, Amsterdam
- HUPSON, J. D., PALFRAMAN, D. F. B. (1969): The ecology and preservation of the Oxford Clay fauna at Woodham, Buckinghamshire. Quart. Journ. Geol. Soc. 124, London, p. 387-418.
- JENKYN, H. C. (1971): The genesis of condensed sequences in the Tethyan Jurassic. Lethaia, 4, Oslo, p. 327-352.
- KONDA J. (1970): A Bakony hegységi jura időszaki képződmények üledékföldtani vizsgálata. Magy. Áll. Földt. Int. Évkönyve, 50, Budapest, p. 157-260.
- LAPORTE, L. F. (1968): Ancient environments. New Jersey, Mc. Alester edit. p. 1-116.
- LEHMANN, U. (1971): New Aspects in Ammonite Biology. Proc. Nort. Amer. Paleont. Conv. 1969, p. 1251-1269.
- MCKERROW, W. S., JOHNSON, R. T., JACOBSON, M. E. (1969): Palaeoecological studies in the Great Oolite at Kirtlington, Oxfordshire. Palaeontology, 12, London, p. 56-83.
- MUNDLOS, R. (1970): Wohnkammerfüllung bei Ceratitengehäusen. Neues Jahrb. Geol. Paläont. Monatsh. Stuttgart, p. 18-27.
- ORAVECZ, J. (1964): Szilur képződmények Magyarországon. Földtani Közl. 94, Budapest, p. 1-9.
- ROGER, J. (1970): La paléocologie. Bull. Soc. Ecol. 1, Brunoy, p. 233-238.
- RUHMANN, G. (1971): Riffnahe Sedimentation paläozoischer Krinoiden-Fragmente. Neues Jahrb. Geol. Paläont. Abh. 138, Stuttgart, p. 231-248.
- RUHMANN, G. (1971): Riff-ferne Sedimentation unterdevonischer Krinoidenkalke im Kantabrischen Gebirge (Spanien). Neues Jahrb. Geol. Paläont. Monatsh. Stuttgart, p. 231-248.
- SCHINDWOLF, O. H. (1970): Stratigraphical principles. Newsl. Stratigr. 1, Leiden, p. 17-24.
- SEILACHER, A. (1963): Umlagerung und Rolltransport von Cephalopoden-Gehäusen. Neues Jahrb. Geol. Paläont. Monatsh. Stuttgart, p. 593-615.
- SEILACHER, A. (1966): Lobenlibellen und Füllstruktur bei Ceratiten. Neues Jahrb. Geol. Paläont. Abh. 125, Stuttgart, p. 480-488.
- SEILACHER, A. (1967): Sedimentationsprozesse in Ammonitengehäusen. Akad. Wiss. u. Lit. Abh. d. Math. Naturw. Kl. 9, p. 191-203.
- SEILACHER, A. (1971): Preservation history of ceratite shells. Palaeontology, 14, London, p. 16-21.
- TAPPAN, H., LOEBLICH, A. R. (1971): Geobiologic Implication of Fossil Phytoplankton Evolution and Time-Space Distribution. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 127.
- TERMIER, H. et G. (1968): Biologie et écologie des premiers fossiles. Paris, Masson edit. 1-213.
- INSTANT, H. (1966): Principes et méthodes d'une paléontologie moderne. Bull. Inf. Géol. Bassin Paris. 7, p. 9-16.
- TRUMPY, R. (1971): Stratigraphy in mountains belts. Quart. Journ. Geol. Soc. 126, London, p. 293-318.
- WENF, J. (1970): Stratigraphische Kondensation in triadischen und jurassischen Cephalopodenkalken der Tethys. Neues Jahrb. Geol. Paläont. Monatsh. Stuttgart, p. 433-448.
- WIEDMANN, J. (1970): Problems of stratigraphic classification and the definition of stratigraphic boundaries. Newsl. Stratigr. 1, Leiden, p. 35-48.
- ZEISS, A. (1969): Weichteile ectocochealer paläozoischer Cephalopoden in Röntgenaufnahme und ihre paläontologische Bedeutung. Paläont. Zeitschr. 43, Stuttgart, 13-27. T. 1-3.