



ÖKOLÓGIAI PARADIGMÁK

CSORBA F. LÁSZLÓ, vezető tanácsos,
Oktatási Hivatal
E-mail: csfl1960@gmail.com

DOI: <http://doi.org/10.23716/MTT.5.2022.20>

Absztrakt

Az ökológia modern története a tizennyolcadik században kezdődött. Linné az élőlényeket és az élettelen természet folyamatait is egy nagyobb egész együttműködő részének tekintette, mint a „természet gazdaságának” szereplőit. Az ökológia történetét jellemezhetjük Kuhn nyomán „paradigmaváltásoknak”, de helyesebb Lakatos elképzelését követve párhuzamos ökológiai kutatási programokról, vezérfonalakról beszélni. A legfontosabb ilyen vezérfonal a szuperorganizmus, a szupraindividuális szerveződési egység kutatása.

Kulcsszavak: vezérfonal, ökológia, ökonómia, szukcesszió, Gaia

A „természet ökonómiája”: az ökológia tárgya

Az ökológia elnevezés Ernst Haeckeltől ered, aki olyan tudományágként határozta meg, amely az élőlények szervezete, szokásaik, életmódjuk és környezetük közti kapcsolatokkal foglalkozik. A szó a görög *oikos*-ból származik, mely nem csupán lakóhelyet, hanem háztartást, gazdálkodási egységet is jelentett. Maga Haeckel is hangsúlyozta ezt az értelmezést, amikor a természet háztartásaként (Naturhaushalt) jellemezte a kialakuló tudományágot [HAECKEL 1866; WORSTER 1977 P.196]. A fogalom értelmezési tartománya mára pontosabbá vált, amennyiben csak az egyed feletti szerveződéssel kapcsolatos jelenségekre vonatkozik. Az ökológiai paradigmák eszerint csak az utóbbi bő száz év tudománytörténetére vonatkozhatnak, mégis legalább három ok van arra, hogy régebbi előzményeket és szaktudományon túli analógiákat is figyelembe vegyünk.

Az egyik ok az *oikos* már említett eredete, mely az emberi gazdálkodással kapcsolatos. Az analógia a társadalmi és a természeti világ egyed feletti szerveződési egységeinek működése között újra és újra fölmerült, mindkét irányból. Egyrészt a természeti egységek működésének magyarázatakor is az

emberi viszonyokat leíró nyelven szólunk, olyan fogalmakat használva, mint például az (anyag)cseré, a segítség, a kompetíció, vagy a hierarchia. Másrészt pedig az így megrajzolt természetképhez viszonyítjuk a társadalmi rendszert és célokat. Az ökológia tehát, noha természettudomány, talán minden más tudományágnál világosabbá tette, hogy művelése és megértése nem választható el a természetet megművelő ember megértésétől.

A második, ezzel összefüggő ok a természetvizsgáló ember azon meggyőződése, hite, hogy szintekre tagolt rend létezik a (kül és bel)világban. A Makro- és Mikrokozmosz fogalma az ökológián belül a szupraindividuális organizáció(k) feltevésében öltött testet, abban a meggyőződésben, hogy a természeti folyamatoknak van funkciója, és ez az egyedeknél nagyobb szerveződési egységeket fenntartása. Tanulmányunk elsősorban erről a „szuperorganizmus” koncepcióról szól.

A harmadik ok az ökológia határainak átlépésre az egyedi szervezet és az egyed fölötti szerveződés közti csábító analógia. Az a viszony, ami az anatómia és az élettan, például a szív és a szív működés között fennáll, régóta arra serkentette a gondolkodókat, hogy a természet és a társadalom struktúrái és funkciói közt is kapcsolatokat keressenek. Az ökológusnak ugyan tisztában kell lennie azzal, hogy az életközösség és az élő egyed nem azonos kategória, ám bizonyosan többet veszítene, ha végleg lemondana erről az analógiáról, mint azzal, ha az analógia alapján megsejtett egy-egy feltevése tévesnek bizonyul vagy módosításra szorul.

Paradigmák helyett vezérfonalak – tudományfilozófiai háttér

A konferencia címében szereplő „paradigmaváltás” fogalmát Thomas Kuhn műve tette ismertté [KUHN 1984]. Kuhn értelmezése szerint a (természet)tudományok kibontakozása nem egyenletes, hanem a „normál tudomány” szakaszait „tudományos forradalmak” szakítják meg. Ezekben a rendkívüli időszakokban új paradigmák jutnak uralomra, új normál tudományokat alapozva meg, melyek tartalmai — Kuhn eredeti meglátása szerint — összemérhetetlenek a régivel, azaz az új tudás nem cáfolja, hanem fölváltja a régit. A tudománytörténet ezen radikális felfogása viszonylagossá tette, relativizálta a tudományfejlődés egészét, végső soron az igazság fogalmát is. Részben e veszélyt elkerülendő vezette be Lakatos Imre a kutatási program fogalmát [LAKATOS 1998, KUTROVÁČZ et al. 2008]. Modelljében az egyeduralkodó paradigmák helyébe párhuzamos programokat állított, az új problémákat fölvető és megoldó programokat fejlődőnek, az erre már nem képes programokat elhalónak, degenerálódónak minősítve. Ez a megközelítés a hasznosság, a tudományos termékenység mércéjét ajánlja az összehasonlítás

alapjául. Nem tagadva Lakatos megközelítésének célszerűségét, világos, hogy az „igazság” fogalmát ő is viszonylagossá teszi, amennyiben azt a „hasznosság” fogalmával helyettesíti. További kérdés, hogy a „degenerálódó” kutatási programok valóban elhalnak-e, vagy inkább időlegesen háttérbe szorulnak, hogy formát váltva később újra felbukkanjanak? Hogy sokszor így van, mutatja például az égést magyarázó kémiai teóriák története, melyről a konferencia anyagában bővebben hallhatunk, olvashatunk. Részletesebb elemzés nélkül is látható azonban, hogy az „*égés során az éghető valamit átad, lead, abban elszegényedik*” gondolata újra és újra megjelenik Arisztoteléstől a 20. századig [CSORBA F. 2014]. A cáfolatok, mint Lavoisier eredményei, végeredményben nem megszüntetik, hanem új, pontosabb és az új tapasztalatokkal is összhangban álló elméletek kidolgozására ösztönzik a régi gondolat híveit. A kutatási programnak ezen új, kitágított értelmezését a továbbiakban vezérfonalnak nevezem. A vezérfonalakhoz kapcsolódó elméletek igazsága nem aktuális hasznosságuk függvénye, hanem abból következik, hogy az igazság valamely vonatkozását maradandó érvénnyel ragadták meg. A metafora a szöttest összetartó fonalak azon tulajdonságára utal, hogy a szemünk előtt csak egy-egy szakaszon jelennek meg, de folytonosságuk akkor sem szakad meg, amikor éppen nem részei a látható mintázatnak [CSORBA F. 2020]. Az egyes tudományágak története a szövet-metafora alapján úgy szemléltethető, hogy a tudományágak mindegyike többé-kevésbé párhuzamosan futó gondolati vezérfonalakból áll, melyek egy-egy szakaszon megőrzik diszciplináris belső rendjüket, önálló lefutásukat, de közöttük időről időre oldalirányú kapcsolatok épülnek ki, kölcsönösen inspirálva a másikat, egyúttal jelentést, funkciót nyerve a műveltség egészén belül. A krízishelyzetek — a paradigmaváltások — mindegyik vezérfonal mentén bekövetkeznek, amikor szaporodnak azok a tapasztalatok, melyek az adott paradigma alapján nem vagy csak körülményesen magyarázhatók. A szövevethasonlat alapján a paradigmaváltások abból adódnak, hogy az oldalirányú kapcsolatok szövedéke átrendeződik, más problémákra irányul a figyelem, más kérdések megoldása kap támogatást. Kapcsolatok bomlanak szét és épülnek fel újra. Ezek térben és időben változó mintázata a műveltség története.

Kozmosz, mikrokozmosz – az organizmus ősi vezérfonala

„A bölcsek is azt mondják, Kalliklész, hogy kölcsönösség, barátság, egybehangzó rend, józan mérték és igazságosság fűzi össze az eget s földet, az isteneket s az embereket. Ezért nevezik a mindenséget kozmosznak vagyis világréndnek” [GORGIASZ, 508]. Platón szavai felidézik a görög kozmosz

eredeti jelentését, mely a rendezettség és szépség érzetével függött össze. A sztoikus és újplatonista tanításban az ember mikrokozmoszként, „kis világrendként” jelenik meg, valamiképpen leképezve, tükrözve a nagyvilág, a makrokozmosz rendjét. A mikrokozmosz egységét jeleníti meg Livius Agrippáról szóló tanmeséjében [LIVIUS 2005], vagy Pál apostol Korinthusiaknak írt levelében [1 Kor 12, 12–26.], de ez tükröződik Leonardo naplójában is. Leonardo az élettelennek tartott természeti erőket, a folyókat, forrásokat is egy élő egység részeként mutatja be [LEONARDO 2010]. A továbbiakban ezt a gondolati vezérfonalat a szuperorganizmus teóriájának nevezem, föltételezve, hogy — mutatis mutandis — ennek gondolata bukkan föl újra meg újra az ökológia történetében is.

A tökéletes óramű– az organizmus újkori vezérfonala

A „természeti ökonómia” kifejezést Donald Worster szerint [WORSTER 1977] a 17. században Sir Kenelm Digby vezette be, ám közismertté nem ő, hanem Linné tette a „Természet Ökonómiája” című, 1749-ben megjelent művében. Linné a természet rendezettségét az összehangolt körfolyamatokban látta, amelynek példája a víz körforgása vagy az anyag áramlása a táplálkozási láncok tagjain át. A táplálékul szolgáló „ártalmatlan állatok” szaporodási rátája magasabb, mint az őket fogyasztó ragadozóké, így az előbbiek sem szaporodnak túl, és az utóbbiak sem maradnak éhen. Az életközösségek egésze is „örökös szukcesszióban” vesz részt, a lápok kiszáradnak, rétekké alakulnak, azokat aztán ismét előnti a víz. A terjeszkedés, megőrzés és pusztulás fázisai örökösen ismétlődnek, dinamizmusuk egy óramű szerkezetének pontosságával tartja fenn a természet egészének összhangját. A rend teremtőjében és fenntartójában Linné — Newtonhoz és Leibnizhez hasonlóan — Istent, mint végtelenül bölcs ökonómust tisztelte. Az óramű pontos működéséhez, úgy látszott, alkatrészeinek állandósága is szükséges, ezért szokták Linnét a fajállandóság hirdetőjének is tartani. A *Systema Naturae* első, majd azt követő kilenc kiadásában valóban szerepel a nevezetes mondat: *„Ma is annyi fajt számlálunk, ahány különböző forma kezdetben teremtett.”* A „forma” az arisztotelészi szóhasználat szerint nem csak külső megjelenést, hanem a szerveződés belső rendjét is jelenti, tehát például a táplálékigényt és az átlagos utódszámot is. Bár az idős Linné véleménye a fajok állandóságáról változott [BENEDEK, 1975], a Természet Ökonómiájáról alkotott véleménye változatlan maradt. A Nagy Óramű tehát, úgy látszik, kellően rugalmas ahhoz, hogy alkatrészeinek változása közben is működjön, hiszen az azt szabályozó törvények változhatatlanok.

Tájrajzok: az organizmus festői vezérfonala az újkorban

Linné nyomán megindult a fajok rendszerező leírása, egyúttal elterjedési területük (areájuk) feltérképezése, és egy-egy kiválasztott terület fajlistájának összeállítása is (flóra és faunalisták). Ezek hozzájárultak egy-egy életközösség jellemzéséhez, ám nyitva hagytak két fontos kérdést. Fölmerült egyrészt az a probléma, hogy hol húzódnak az életközösségek természetes határai (melyek nyilván csak ritkán esnek egybe az állam-vagy nyelvi határvonalakkal), másrészt az, hogy valóban a fajok-e azok az alapegységek (formák), melyek legjobban jellemzik a természet ökonómiáját. Alexander Humboldt, aki sok természetbúvár adatait, fajlistáit ismerte, és útjain (Dél-Amerikában, Oroszországban) maga is gyarapította ezt a tudást, fölismerte, hogy egy-egy jellegzetes éghajlatú terület élővilágának festői képe, formációja jellemző az adott tájra. Az életformák, Humboldt szóhasználatával „fiziognómiai divíziók”, mint például a kaktusz-, pálma-, lián- vagy hínárformák eloszlása az övezet éghajlatával áll összhangban [HUMBOLDT 1807, WORSTER 134.o]. A természet ökonómiája szempontjából nem az a lényeges, hogy Mexikóban kaktusz, Afrikában kutyatej fajok népesítik be a félsivatagi tájat, hanem az, hogy ezek a pozsgás növények azonos klímához alkalmazkodtak. A Humboldt nyomán ma formációnak, illetve makrobiomnak nevezett életközösségek (tajga, tundra, esőerdő) képszerű, festői szempontok szerinti megjelenítése tehát sokszor vezetett lényegi összefüggések feltárásához. A fiziognómiai csoportok — később, például Raunkiaer nyomán: alapformák — arányaink statisztikai elemzése és a táj képének esztétikai szemlélete ugyanahhoz a felismeréshez vezet: a Természet rendje mindenütt fölismerhető, de mindenütt más, a tájhoz és klímához illeszkedő formát ölt [RAPAICS 1926].

Korrelációk és katasztrófák – az anatómiai analógia az újkorban

Az élő szervezet és környezete közti összefüggések feltárásában fontos szerepet játszott az összehasonlító anatómia. Leopold Cuvier számos állatfaj csontvázát és szervezettani jellemzőit vizsgálva jutott arra a meglátásra, hogy az egyes szervek közt kölcsönös megfelelés, korreláció van, csak együttműködésük teszi alkalmassá a fajt az adott környezetben. A környezet gyors változásakor azonban az adaptív összhang megszűnik: az élőlénynek is változnia kell. Csakhogy, míg a környezeti tényezők változása lehet gyors és véletlenszerű, az élőlények belső struktúrája a szerveik közti korrelációk miatt kötött, nem követheti szabadon ezeket a változásokat. Így aztán a fajok populációi vagy megkeresik a számukra továbbra is kedvező környezetet (vándorolnak), vagy, ha erre nincs módjuk, kipusztulás lesz a sorsuk. Cuvier paleontológusként számos kihalt faj rekonstrukciója során szembesült ezzel a

ténnyel. Paradox módon, miközben a korrelációk a fajállandóság elméletét erősítették, a hirtelen kihalások ténye katasztrófák sorozatát sejtette [CSORBA F. 2012]. Francia lévén, Cuvier talán másoknál könnyebben hajlott azon történeti szemléletre, melyben a kozmosz nyugodt időszakait időről időre forradalmak szakítják meg. A Nagy Ökonómus, úgy tűnt, időnként megengedi, hogy szerkezeteit porrá zúzza valamilyen külső vagy belső katasztrófa, s aztán gyökeresen új rendet formál. A figyelem a változások dinamikájának magyarázata felé fordult.

Populációdinamika és evolúció – a ható ok vezérfonala

Thomas Malthust egy angol filozófus, W. Godwin könyve készítette írásra. Godwin 1793-ban megjelent “Politikai igazság” című írásában úgy érvelt, hogy a nemzetállamok helyét át fogja venni egy Világállam, mely sokasodó polgárainak mindenütt tisztes megélhetést biztosít majd [GODWIN 1793; SEMLYÉN 1982: p.15]. Malthus válaszul megírta a “Tanulmány a népesedés törvényéről” című művét, melyben fölhívta a figyelmet az erőforrások végetségére és a túlnépesedés veszélyére [MALTHUS 1982]. Következtetései azóta is viták kereszttüzében állnak. Malthus elsősorban demográfiával, emberi népesedéssel foglalkozott, rendkívül borúlátó megállapításait a kor statisztikai adataira, például Észak-Amerika népességének növekedésére alapozta. Ugyanúgy a Természet Ökonómiáját vizsgálta, mint Linné, de míg a svéd botanikus a Nagy Óramű ésszerűségét, világos oldalát látta, Malthus a mechanizmusok kéréltetlenségét emelte ki. Az, hogy a környezet eltartóképességén túl exponenciális ütemben szaporodó emberiséget háborúk és járványok tizedelik, szerinte természeti törvény. Pusztító következményei elkerülhetetlenek, de az örökös küzdelem serkentő hatása is megjelenik, például a technika és a közműveltség terjedése útján, mely egyúttal enyhíti is a kárt — vonja le következtetését.

Darwin önéletírásában meghatározó élményként említi Malthus könyvének elolvasását [DARWIN 1993]. Az erőforrások szűkössége és a populációk exponenciális szaporodási üteme közti feszültség valóban Darwin gondolatának is egyik alapja. Érdekes, hogy egyikük sem vizsgálta kritikusan magát az alapföltevést. Az exponenciális ütemű szaporodás a természetben inkább kivétel, mint szabály, mindig helyi, időleges, csak bizonyos fajokra jellemző, és az emberi populációban is biológián kívüli tényezőkhöz kötött. [WORSTER:153] A termékenységi ráta nem csak evolúciós hatóerő, de egyúttal olyan tényező is, amire maga az evolúció hat. McLeod angol botanikus már 1894-ben írt „növényi kapitalistákról és proletárokról”, melyen eltérő szaporodási stratégiájú csoportokat értett [BORHIDI 2002; p.288]. E feledésbe

merült gondolat után csak a 20. századi ökológia — McArthur és Pianka — vetette fel és elemezte, hogy a különböző szaporodási stratégiák, illetve az ezeket követő fajok aránya az életközösségen belül, maga is evolúció eredménye, az életközösség egészének adaptációja [PIANKA 1970; BÁNKUTI, BOTH, CSORBA, HORÁNYI 2006].

Tökéletlen organizmusok – a modularitás vezérfonala

Az ökológia szempontjából Darwin legfontosabb szemléleti újítása a sokféleség, a valószínűség és a véletlen összefüggő fogalmi hármasának bevezetése volt. Elméletében a véletlen olyan változás, melynek nincs funkciója. A véletlen által létrehozott sokféleségben a változatok eloszlási gyakorisága megváltozhat — például a szelekció következtében — ami az eloszlás adaptív módosulásához, azaz mai szóval evolúcióhoz vezet. Az, hogy az evolúció szükségképpen koevolúció is, azaz a fajok egymásra hatva, egymással kölcsönhatásban változnak, jól látta Darwin is, például a trópusi orchideák és az azokat beporzó szenderlepkék kölcsönös adaptációja kapcsán. A kozmikus alapkérdést, az összefüggő struktúrák lépésről lépésre való átalakulásának problémáját, Darwin és követői a modularizmus különböző változataival igyekeztek megválaszolni. A modularizmus egymástól többé-kevésbé szétválasztható, részben autonóm egységekre bontja a struktúrát, melyek így a többi egységtől nagyjából függetlenül módosulhatnak, lerázva magukról a korrelációk kényszerét. A Lamarck által fölismert csökevényes vagy funkciót váltott szervek, mint a vakgöte csökevényes szeme jó példa erre. Az egyedhez hasonlóan az életközösségek korrelációi sem megbonthatatlanok, hiszen például szemünk láttára terjedhetnek el jövevény fajok, kiszorítva az őshonosakat, s gyakran az eredetitől jelentősen eltérő új életközösséget hozva létre. A darwini paradigma tehát így szól: sem az egyes élőlények sem az életközösségek ökonómiája nem tökéletes, a moduláris egységeknek az a kombinációja marad fenn, ami adott körülmények között a legkevésbé hátrányos. A lehetséges kombinációk elemzéséhez szükség volt a rendszerezés, a „mikrokozmosz” okos analizisére, részekre bontására. A modularitás vezérfonala azonban ingoványos területre vezet, ha végletes következetességgel alkalmazzák. Richard Dawkins „önző gén” elmélete eljut addig a pontig, hogy az egyedeket, illetve azok populációit a géneket továbbító „túlélőgépeknek” tekinti. Hasonló atomizált, széteső világot fest a „mémek” elmélete is [DAWKINS 1976]. Ez a modell a modulok terjedési dinamikájára vonatkozik, de kevésbé képes a rendezett egységek funkciójának magyarázatára, vagyis annak megértésére, hogy végül mi és miért rögzül egy rendszer részeként.

Kölcsönhatás és káosz

A populációdinamikai vezérfonal egyik leágazása volt két faj kölcsönhatásának matematikai modellezése, a ragadozók és zsákmányállatok létszámváltozásait leíró Lotka-Volterra egyenlet. Érdekessége, hogy a két faj — például nyúl és hiúz — kölcsönösen egymás egyedüli környezetét alkotják, miközben minden más tényezőt változatlanak tekintünk. Ebben a modellben a két faj külső és a belső világa különös Möbius-szalagként fonódik össze. A végletesen egyszerű leírás természetesen bonyolítható a valóságnak jobban megfelelő sokelemű kölcsönhatásrendszerek irányába. Azonban még a látszólag egyszerű kölcsönhatás is váratlan következményekkel járhat. Robert May ausztrál biológus ismerte föl, hogy bizonyos szaporodási ráta értéknél az egyedszámok periodikusan két érték közt kezdenek ingadozni, majd újabb és újabb kettéágazási pontok jelennek meg, majd egy határon túl a változások kaotikussá, nem-periodikussá válnak. A modell számítógépes elemzése azzal a tanulsággal szolgált, hogy a véletlenszerűnek látszó ingadozások nem feltétlenül külső zavaró hatások következményei, eredhetnek a rendszer kaotikus viselkedéséből is. Ha a rendszer működését a lineárisnál bonyolultabb összefüggések szabják meg, akkor a szabályozható, stabil helyzeteket bizonyos tartományokban szükségképpen káosz váltja föl [WORSTER:408; GLEICK 1999]. Az organizmus fennmaradása a káoszt elkerülő, szabályozható állapot fenntartását igényli.

A hálózatoktól Gaiaig — az organizmus modern vezérfonala és annak kritikája

A 19. századi tudomány vezető gondolata a történetiség. Eszerint a struktúrák keletkezésének megértése kulcs a struktúra magyarázatához. Az élőlényközösségek egyirányú változása, a szukcesszió ezért hasonló figyelemben részesült, mint az egyedfejlődés vagy az emberi történelem. Az osztrák Anton Kerner már 1863-ban leírta a szukcesszió jelenségét a Duna-Tisza Köze homoki gyepeinek példáján [KERNER 1863]. A szukcesszió központi fogalommá az amerikai ökológusok, Clements és Odum munkássága nyomán lett. Frederic Clements feltevése szerint a társulás egy élő, összetett szervezet, ezért éppúgy születnie, fejlődnie és pusztulnia kell, mint az egyedeknek. Az eltűnő társulás helyébe újabb lép, amely egy ideig uralja, és a maga képére formálja a terepet, majd ez is átadja a helyét a következőnek. A folyamat egy végpont, a klimax vagy zárótársulás felé tart, mely a környezet nyújtotta lehetőségeket legjobban kihasználó, fajgazdag, nagy biomasszájú és stabil életközösség.

„A vegetáció egysége, a klimax formáció organikus egység. Akár egy élő egyed, a formáció megjelenik, nő, kiteljesedik és elpusztul. ... A szukcesszió a formáció reprodukciójának folyamata, amelyik éppúgy nem tér el érett formájának céljától, ahogyan az élő egyed sem.” [CLEMENTS 1916.; IN: WORSTER 1977]

A szukcesszió fázisairól, hatóerejéről alkotott kép az elmúlt száz évben változott, gazdagodott. A „szuperorganizmus” kritikájaként Gleason (1926) a változásokat az élőlényközösség fajainak helyettesítési mátrixaként írta le, melynek végeredménye nem egyetlen lehetséges zárótársulás, hanem lehetőségek széttartó hálózata. A mai kutatások szerint sok tényezőtől, például a zavaró hatások mértékétől, tartósságától, a zavart és ép foltok eloszlásától, a betelepedést szolgáló propagulumok terjedési módjától is függ, hogy a sérült élőlényközösség, tájseb regenerálódik-e több-kevesebb szukcessziós fázison át (ami a sebgyógyulás analógiája), vagy olyan új helyzet jön létre, mely az eredetitől eltérő végállapotba vezet [BARTHA 2007]. A fajok helyettesítése a pillanatnyilag lehetséges állapotok függvénye, ez az állapot viszont függ az előzményektől (például egy erdőben a fák koreloszlásától), azaz az életközösség „emlékszik a múltjára” [FEKETE 1985: 53].

A szukcessziókutatás összekapcsolta a populációdinamika ható okokat és a szupraindividuális szerveződés formai okokat vizsgáló szemléletét. A két vezérfonal közös, új elágazása a produkcióbiológiai modell volt. Megkísérelték a társulásokban zajló, és azokat fenntartó anyag- és energiaáramlás útjait föltérképezni, és azokat mennyiségileg is jellemezni. Ebben a modellben az egyes fajok, vagy „fiziognómiai divíziók” - hasonlóan az élő szervezeten belül az enzimekhez — bizonyos folyamatokat katalizálnak, a hálózat csomópontjait alkotják. A nemzetközi biológiai program (IBP) keretében folyó nagyszabású felmérések eredményei mechanizmusokat vizsgáltak, ugyanakkor támpontot adtak a régi „szuperorganizmus” elmélet újraélesztésének is. Ezt a lépést James Lovelock tette meg „Gaia”-hipotézisével [LOVELOCK 1979]. A görög földistennő nevére elkeresztelt globális hálózatot Lovelock szerint önszabályozó visszacsatolások tartják fenn, az élő és élettelennek nevezett folyamatok egyetlen egységet alkotnak. Maga Gaia azonban nem (csak) modern mítosz, hanem tudományos elmélet, hiszen a feltételezett szabályozó mechanizmusok léte bizonyítható vagy cáfolható. A sokirányú kritika ellenére az elmélet ma is megkerülhetetlen. Fontos támpontot ad például a „fenntartható gazdálkodás” értelmezéséhez. Az elmélet alapján a „fenntarthatóság” semmiképpen nem a növekedés vagy a profit fenntarthatóságát jelenti, hanem a gaiiai szabályozóköörökkel összhangba került gazdálkodást és gondolkodásmódot.

Paradigms of Ecology

The modern history of ecology started in the eighteenth century, when Linne looked at the earth's fabric of life: a point of view that described all living organisms and also non-living nature as an interacting whole, often referred to as the "economy of nature". The history of ecology could be described as "paradigm shifts" following in the footsteps of Kuhn, however, according to Lakatos it would be more relevant to talk about parallel ecological research programs, guidelines. The most important guideline is the researches into 'superorganism', the supraindividual levels of organization.

Keywords: guidelines, ecology, economy, succession, Gaia

Irodalom

ARISZTOTELÉSZ (2002): *Metafizika* (ford. Halasy-Nagy József) Szeged.

BÁNKUTI Zsuzsa, BOTH Mária, CSORBA F. László, HORÁNYI Gábor (2006): *A megőrzött idő*, Budapest.

BARTHA Sándor (2007): Kompozíció, differenciálódás és dinamika az erdőssztyep biom gyepeiben, In: ILLYÉS Eszter – BÖLÖNI Sándor (szerk): *Lejtőssztyeppek, löszgyeppek és erdőssztyepprétek Magyarországon*, Budapest.

BENEDEK István (1975): *Lamarck és kora. Korrajz*, Budapest.

BORHIDI Attila (2002): *Gaia zöld ruhája*, Budapest.

DAWKINS, Richard (1976): *Az önző gén*, Budapest.

CLEMENTS, Frederic (1916): *Plant Succession*, Washington,. In: WORSTER.i.m.(1977) 211.

CSORBA F. László (2012): Korai evolucionizmus, In: GURKA Dezső (szerk): *Tudósok a megismerés színterein*, Budapest, 177–189.

http://tudasaramlas.btk.elte.hu/images/pdf/library/gd_tudosok.pdf [Letöltve 2020. 11 27.]

CSORBA F. László (2014): *Katona Mihály szerepe a magyar kémia történetében*, Katona Mihály Tudománytörténeti Konferencia, Érd

CSORBA F. László (2021): Mi a természettudományos műveltség? kézirat. *Új Pedagógiai Szemle*, 70. évfolyam (2020), 9–10. szám, <http://upszonline.hu/index.php?issue=700910>, [Letöltve: 2022.04.12.]

DARWIN, Charles (1993): *The Autobiography of Charles Darwin: 1809–1882*, W.W.NORTON.

- FEKETE Gábor (1985): A teresztris vegetáció szukcessziója: elméletek, modellek, valóság, In: FEKETE G. (szerk): *A cönológiai szukcesszió kérdései*, Budapest.
- GLEASON, H.A. (1926): *The individualistic concept of the Plant Association*, Bull. Torrey Bot. Club. 53: 7–26.
- GLEICK, James (1999): *Káosz. Egy új tudomány születése*, Budapest.
- GODWIN, Wiliam (1793): *An Enquiry concerning Political Justice*, J.J. Robinson, London.
- http://files.libertyfund.org/files/90/0164-01_Bk.pdf [Letöltve: 2021. 01. 02.]
- HARDIN, Garrett (1968): The tragedy of the commons, *Science*, 132:1243–1248.
- HAECKEL, Ernst (1866): *Generelle Morphologie des Organismen*, Berlin.
- HUMBOLDT, Alexander (1807): *Essay of the Geography of Plants*, Paris.
- JUHÁSZ-NAGY Pál (1989): *Az ökológia néhány műhelygondja*, Hítel, II/2. 34–36.
- KUHN, Thomas (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete*, Gondolat Budapest,
- KUTROVÁČZ Gábor – LÁNG Benedek – ZEMPLÉN Gábor (2008): *A tudomány határai*, Budapest.
- LAKATOS S Imre (1998): *Bizonyítások és cáfolatok*, Budapest.
- LOVELOCK, James (1979): *Gaia. Új szemmel a földi életről*, Budapest.
- LIVIUS: *A római nép története a Város alapításától* II. 32-33, In: Doba-Eszeterág-Kojanitz 2005. Történelem I. Őskor, ókor. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 161–162.
- LEONARDO da Vinci (2010), *Válogatott írásai* (5. kiadás), Budapest.
- MALTHUS, Robert: Tanulmány a népesedés törvényéről, In: *Népesedésrobbanás-egyke*, Bucuresti, Kriterion, 1982.
- PIANKA Eric (1970). *On r- and K-Selection* The American Naturalist Vol. 104, No. 940 (Nov. – Dec., 1970), pp. 592–597, The University of Chicago Press.
- <https://www.jstor.org/stable/2459020>
- RAPAICS Raymund (1926): *A növények társadalma*, Bevezetés a növényzociológiába, Budapest.
- SEMLYÉN István (1982): Két tiszteletes meg a számítógépek. in: *Népesedésrobbanás-egyke*, Kriterion, Bucuresti, Kriterion.
- WORSTER, Donald (1977): *Nature's Economy, A History of Ecological Ideas*, Cambridge Univ. Press.