Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

Borsos Béla

ÉLTETŐ VÍZ

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

Az ökológiai gondolat

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

Borsos Béla

ÉLTETŐ VÍZ

III. Vízgazdálkodás és rendszerelmélet

TYPOTEX

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

A könyv megjelenését a Magyar Tudományos Akadémia támogatta.



© Borsos Béla, Typotex, Budapest, 2024
Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

ISBN 978 963 493 285 7
ISSN 1785-5217

Kedves Olvasó!
Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!
Újabb kiadványainkról és akcióinkról a *www.typotex.hu*
és a *facebook.com/typotexkiado* oldalakon értesülhet.

Typotex Kiadó
Alapította Votisky Zsuzsa, 1989
A kiadó az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók
és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.
Felelős kiadó: Németh Kinga
Felelős szerkesztő: Kovács Zoltán
Tördelés: Jutai Péter
Borítóterv: Szalay Éva
Készült a Multiszolg Bt. nyomdájában
Felelős vezető: Kajtor Bálint

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

TARTALOM

Bevezető a harmadik részhez 11

1. Rendszerelméleti alapok 15
   1.1. A természetes rendszerek jellemzői 17
   1.2. Az energia nem újul meg 19
   1.3. A műszaki rendszerek jellemzői 21
   1.4. Az elsőfajú hiba 23

2. A legritkább ásvány 27
   2.1. A földi vízkészlet megoszlása, dinamikája 27
      2.1.1. A víz jellemző tulajdonságai 27
      2.1.2. A vizek felosztása tartózkodási helyük szerint 29
   2.2. A víz körforgása 32
      2.2.1. Biogeokémiai ciklusok 32
      2.2.2. A víz hőkapacitása 35
      2.2.3. Vízkörzés 36
      2.2.4. A nagy vízkör 37
      2.2.5. A kis vízkör és a növényzet 38
      2.2.6. Vízmérleg 41
   2.3. Felszín alatti vizek 43
      2.3.1. A föld kincse 43
      2.3.2. Források 58
   2.4. Felszíni vizek 59
      2.4.1. Folyók és vízfolyások 59
      2.4.2. Források még egyszer 60
      2.4.3. Torkolatok 61
      2.4.4. Vízválasztó, vízgyűjtő 64
      2.4.5. A folyó élete 75

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

3. Ember és víz 83
3.1. Emberi hatások 83
3.1.1. Már az eső sem a régi 83
3.1.2. Aszály 87
3.1.3. Globális változások, olvadó jég 95
3.2. Az emberi vízfelhasználás megoszlása, arányai és alakulása 100
3.2.1. Szemléleti kérdések 100
3.2.2. Aránytalan jelen 105
3.2.3. Tikkadt jövő 107
3.3. A víz „minősége” 111
3.3.1. A víz elhasználása és a minőség fogalma 111
3.3.2. Az égő folyó 113
3.3.3. A zöldalga 115
3.3.4. A kék kutya 119
3.4. Szennyvíz-odüsszeia 124
3.4.1. Kezdetben vala az árnyékszék 124
3.4.2. „Ki a Temze vizét issza...” 126
3.4.3. A szennyvíz tisztításának fokozatai 128

4. A jó sáfár 135
4.1. (Ki)szivattyú 136
4.2. Szomjas városok 142

5. Hérakleitosz szépséges folyóvize 147
5.1. Ember és folyó 147
5.2. Folyószabályozások 149
5.2.1. A folyószabályozások kiváltó okai és kezdetei 149
5.2.2. Gyorsított eljárás 159
5.3. Gátépítések 166
5.3.1. A bilincsbe vert folyó 169
5.3.2. Völgyzáró gátak és társaik 171
5.3.3. A nagy a szép: megalomániás gátépítési láz 177
5.3.4. A folyófojtogatás eredményei 180
5.3.5. Az állatorvosi beteg ló: a bős–nagymarosi vízlépcsőrendszer 193
5.4. Vízátvezetések 203
5.5. Tavak 206
5.6. Öntözés és szikesedés 206

6. Akkor hát hogyan? Alternatív vízgazdálkodási megoldások 211
6.1. Fenntartható vízgazdálkodás az elsőfajú hiba fényében 212
6.2. Rehabilitáció 214

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

6.2.1. Jelen állapot 214
6.2.2. Helyet a folyónak 217
6.2.3. Árvíztűrési index 220
6.3. A fenntartható vízgazdálkodás példái hagyományos rendszerekben 223
6.3.1. Karézek 223
6.3.2. A Hunza-völgy olvadékvize 224
6.3.3. Qanatok 227
6.3.4. Chinampa 228
6.3.5. Muang faai 231
6.3.6. Az őrségi tóka 232
6.3.7. Fokgazdálkodás 232
6.4. Modern kori fenntartható vízgazdálkodási megoldások 236
6.4.1. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (VTT) 236
6.4.2. Integrált tájgazdálkodás (ILD) 238
6.4.3. Vízaratás 250
6.4.4. Kétkörös rendszerek 257
6.4.5. A szennyvízkezelés integrált megközelítése 262
6.4.6. Mesterséges ökoszisztémák 268
6.5. Újabb próbálkozások 272
7. Mi a jövő útja? 275
7.1. Kilátások 275
7.2. Az egybites magyarázatok 277
Köszönetnyilvánítás 279
Irodalomjegyzék 281
Tárgymutató 311
Színes ábrák 315

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

© Typotex Kiadó

© Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

Az űrből nézve a Föld kék színűnek látszik. Ékszerként lebeg a tintafekete ürességben. Ezt az ékszerhez hasonlatos, kék színű csillogást a Föld felszínét borító, hatalmas víztömegről visszaverődő napfény kelti. A Föld a Naprendszer egyetlen bolygója, amelyen ilyen nagy mennyiségben található folyékony halmazállapotú víz.

Byatt, Fothergill és Holmes: *A kék bolygó*

A víz a természet hajtóereje.

Leonardo da Vinci

Mi tehát a víz?
Szinte minden és mindennek az ellentettje. Élet és halál. Szakrális jelentésű. Élvezeti cikk. Természeti kincs és szépség. Áru és közjó. Véges, megújuló és sérülékeny erőforrás. Kockázati tényező. A fejlődés záloga. A fejlődés korlátozója. Stratégiai jelentőségű, konfliktusos közeg.

Somlyódy László

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

© Typotex Kiadó

© Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

BEVEZETŐ A HARMADIK RÉSZHEZ

Szabadítsátok ki Janit!
2016 telén kalandfilmbe illő módon kellett kiszabadítani egy férfit a Tiszán zajló jég fogságából. A férfi a tiszacsegei kompon ragadt, amikor a komp láncát a zajló jég cérnaként pattintotta el, és a folyó magával ragadta az alkotmányt. A kis Kárpát-medencei abszurdról igazi akciófilmes bemutató képsor (közkeletű nevén trailer) készült „Szabadítsátok ki Janit!" címmel, ami aztán egy darabig vírusként terjedt az interneten. A férfit ugyanis egy katonai helikopter emelte ki a folyó közepén, a jégtáblák között megakadt kompról.

A szerencsés kimenetelű esetnek, úgy vélem, jóval messzebbre ható tanulságai vannak azon túl, hogy néhány napig sok ezer ember egy szerencsétlen, egyszerű emberen mulatott, aki legalább megpróbált tenni valamit egy „váratlan" katasztrófahelyzetben.

Rengeteg hasonló példát lehet még felhozni. Ibafa egy apró falucska Somogy és Baranya megye határán, a politikai önkény hol az egyik, hol a másik megyéhez sorolta. Az 1990-es években néhány évig itt éltem. Az egyik nyáron egyetlen felhőszakadás szabályos árvizet okozott az Almás-patak vízgyűjtőjében, és a falu aljában több ház is víz alá került. Hogyan lehetséges ez? A falu a Zselic dombvidékén épült, észak–déli tájolású, dél felé ereszkedő domboldalon, ahogy kell – ezek a falvak történelmileg mindig ilyen tájolással épültek, mert lakóik tudták, hogy a domb tetején túl napos és szeles, száraz, a domb alján pedig nedves, lápos a környezet, megtelepedésre tehát a délre néző dombhát a legmegfelelőbb. Komolyabb felszíni vízfolyás egyedül a völgyben folydogáló Almás-patak, amelyet békeidőben akár át is lehet ugrani.

A II. világháború után a svábok egy részét kitelepítették, szabolcsi állattenyésztőket hoztak a helyükre, és a szocialista államhatalom megszervezte a mezőgazdasági termelőszövetkezeteket. A helyi téesz egyik juhtelepe a közeli Kisibafa-pusztán épült fel, ahová az Almás-patak völgyét keresztülszelve építettek utat. A tervgazdálkodás során az új lakóknak, akik a téesz állattenyésztési üzemágában dolgoztak, házakat építettek az út falu felé eső oldalán, és focipályát a másikon. A beinduló intenzív erdőgazdálkodás a feljebb fekvő dombolda-

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

lak erdeinek, a füves területeken pedig a juhok intenzív legelése okozta erózió a legelők vízfelfogó képességét jelentősen csökkentette. A kilencvenes évekre az időjárás mintázata az éghajlatváltozás hatásai miatt felbomlott, és gyakoribbak lettek a hirtelen, heves esőzések.

Ezekkel a változásokkal egy teljesen új csapdahelyzet jött létre a valaha okosan települt faluban. Már kétórás intenzív csapadékhullás elég lett ahhoz, hogy a dombokról lezúduló, hordalékkal és löszös üledékkel elegy zavaros lé tömegét az immár egyébként sem kaszált és így hamarabb eltömődő patakmeder ne tudja befogadni, ezért az a völgyben szabadon hömpölygött az új házak felé. Amelyek viszont éppen a Kisibafára vezető út hídja mögött állnak. A híd, bár elég nagy áteresszel tervezték, nem ekkora terhelésre volt méretezve, és teljes keresztmetszetében megtelve az út töltésével együtt gátként viselkedett, útját állta a vízárnak, amely jobb híján egyméteres magasságig elöntötte a téesz-lakásokat, már akkori áron is több millió forint kárt okozva. A focipálya megszáradt, és nem lett semmi baja, csak le kellett egy kicsit takarítani.

Tatán, a Május 1. úton 2015-ben beszakadt az aszfalt. Szorgalmas útépítők felbontották, kiöntötték, tömörítették, és újra leaszfaltozták. Pár hónappal később megint beszakadt. Az alaposabb felmérés során kiderült, hogy ezen a 150 méteres szakaszon a város fő közlekedési ütőerét adó kétszer kétsávos, szép út egy korábbi karsztforrás felett halad. Amikor a városfejlesztés ideért, és elkészült az út meg a körötte levő lakótelep, Tatabányán dúlt az Eocén-program, és a szénbányákat úgynevezett depressziós módszerrel művelték: a mélyben folyamatosan jelen lévő és a Gerecséből, Vértesből eredő karsztvizek szintjét hatalmas szivatytyúkkal süllyesztették a művelési szint alá, hogy a bányászok dolgozni tudjanak (Filep 2009: 100). Igen ám, de jött a rendszerváltás, és a közeli Tatabánya is a vesztesek közé tartozott, bányáit bezárták, a karsztvíz pedig visszavette, ami az övé, a vízadó réteget. Szép lassan feltöltötte a felszín alatti karsztvíztárolókat, amelyek egészen a tatai Fényes-forrásokig nyúlnak. Mindenki örült, hogy ismét megindultak a szénprogram alatt kiszáradt Fényes-források, tanösvényt építettek rájuk, a nyolcméteres nyomással feltörő vizet üvegoszlopba foglalták, és még a holló is visszajött fészkelni. Ám kiderült, hogy a visszatérő karsztvíz nem mindenütt ennyire szívesen látott vendég. 2015-ig tartott, mire elérte a Május 1. út alatti eredeti járatokat, és alámosta a ráaszfaltozott utat. Megjegyzendő, hogy a folyamatot a geológusok előre látták (Ballabás 2004).

A triász korú mészkőben 132 mBf szinten 20 °C-os hőmérsékleten (tehát „majdnem" termálvízként) fakadó forrás eredeti vízhozamát 1919-ben 540 liter/percnek mérték. A bányaművelés miatt 1962-ben apadt el (Ballabás személyes közlés, 2018). A helyét visszafoglaló talajvíztől ismét meg akarunk szabadulni. A becslések szerint vízhozama is majdnem az eredeti, 500 liter körül van percenként. A véglegesnek gondolt megoldás ezúttal 110 millió forintba kerül, és abból áll, hogy a föld alatti vízfolyásokat 3 méter mélyen egy szivárgótest beépí-

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

tésével összegyűjtve eltérítsék útjukból, és a legközelebbi vízfolyásba, a Kismosó-patak átereszébe vezessék (Ábrahám 2018). Aggódni azonban nem kell. Azóta a Komáromban épülő dél-koreai akkumulátorgyár vízigényének kielégítése érdekében a Fényesen elhelyezkedő Fényes I karsztkút hozamát napi 10 000 m^3 kapacitású távvezeték építésével kívánják a szomszédvárba elvezetni (KEM KH 2020). Így nem valószínű, hogy a 2012. évihez képest húsz év alatt még 15-szörösére fog nőni a forrásokkal visszatérő vizek összes hozama, ahogyan azt a számítógépes interpolációkkal 2015-ben jövendölték (Rátvai 2015).

Külföldi példa is említhető. Laoszban 2018. július 23-án átszakadt egy még be sem üzemelt völgyzáró gát (Davis 2018). A sajtóközleményekből egy sem foglalkozott azzal, hogy mi okozhatta a katasztrófát, mind a halottak, eltűntek és otthonukat vesztettek számain csámcsogtak. Az ok ismeretlen – állapították meg. Holott nem az első ilyen esemény volt ez, már Laoszban is volt előzménye: 2017-ben egy sokkal szerencsésebb kimenetelű – mert kisebb léptékű – gátszakadásról állapították meg, hogy nem volt megfelelően megtervezve, és azért szakadt át (Gerin 2017). Szerencsére itt nem voltak halálos áldozatok.

Mi a közös ezekben az eseményekben? Az, hogy mindegyik a technikai civilizáció kudarcainak egy-egy epizódját jelenti a magát nagyon okosnak képzelő társadalom és a természet egyik őseleme, a víz kapcsolatában. Az említett példákban az erőszak, a természet leigázásának kívánalma fordul visszájára. Még ma is, a 19. század mérnöki, a 20. század gépészeti és a 21. század számítástechnikai vívmányainak birtokában. Hol rontottuk el, ha ma is – amint eleink korában, sőt nagyobb eséllyel – szakadhat át egy gát, önthet ki egy folyó, vagy tűnhetnek el a felszín alatti vizek, hogy aztán újra visszajöjjenek ott, ahol senki sem várja őket? Összességében azt mondhatjuk, hogy a gondolkodásunkban mindent felülíró „társadalmi igény”-t kiszolgáló merev és alkalmazkodni nem tudó technikai rendszerek és megoldások azok, amelyek újra és újra kiváltják a természeti folyamatok heves reakcióit. Valahogy csak nem sikerül hitelt érdemlő módon bebizonyítani, még egy aprócska falu esetében sem, hogy leigáztuk a természetet. És amíg a kiinduló paradigma, a természet ellenségként való felfogása, a megoldások katonai jellege („harc a természet ellen”) nem változik meg, nem is fog. A természetet ugyanis egyáltalán nem lehet leigázni, legfeljebb addig piszkálgatni, amíg új stabil állapotba nem rendeződik (lásd éghajlatváltozás). Aki piszkálja, vagyis az emberiség, csupán egy apró alrendszere a természetnek, ezért elvileg sem képes alapjaiban átrendezni vagy módosítani azt.

Egy hasonlattal szeretném megvilágítani a példák közös gyökerét, ami a kudarcok eredendő oka lehet: a japán harcművészetek ismeretének teljes hiányát. A következő idézet elég jól kifejezi, mire szándékozom felhívni a figyelmet: „Az aikidó gyakorlati technikái a kifinomult mozgáson, az ellenfél erejének érzékelésén és elvezetésén, valamint annak szétszórásán vagy az ellenfélre való visszafordításán alapulnak. Az Alapító (Uesiba Morihei) megfogalmazása szerint az aikidó

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

egy olyan Út, amellyel le tudjuk győzni a konfliktusokat magunkban, és amellyel békét teremthetünk a világegyetemben. Ennek megfelelően az aikidó gyakorlása során *nem létezik ellenfél vagy ellenség, hanem partner van, akit vezetnünk és irányítanunk kell* (kiemelés tőlem). A gyakorlónak tehát nem a pusztításra, hanem minden esetben az építő jellegű konfliktuskezelésre kell törekednie" (Wikipédia). És ennek így kellene lennie a vizekkel is.

A kínai bölcs, Csuang Ce egy történetében Konfuciusz ijedten látja, hogy a hatalmas vízesés alján egy öregember hányódik a habokban. Mire azonban mentésére sietne, az illető már ott áll a parton. „Semmi különös – mondja a bölcs –, már zsenge ifjúságomban elkezdtem ezt gyakorolni és felnőve is folytattam. Most már mindig sikerül. Lemerülök a vízzel és felbukkanok a vízzel. Követem a vizet, és elfeledem önmagam. Azért maradok életben, mert nem küzdök a víz felsőbbrendű ereje ellen. Ennyi az egész." (idézi Hoff 1994: 81).

A kötet, amit az olvasó a kezében tart, egy könyvsorozat harmadik darabja. Elég régen, *Azok a bizonyos könnyű léptek* címmel jelent meg az első kötet, amely szándéka szerint elméleti alapvetés (Borsos 2002). Ez egy általam kidolgozott és több egyetemen (Állatorvostudományi Egyetem, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pécsi Egyetem) oktatott tanmenethez írott tankönyv, akárcsak a második kötet, amely *Termő televény* címmel szintén a rendszerelmélet keretei között vizsgálja ember és termőföld viszonyát (Borsos 2018). A mostani könyv, mint a címe is sugallja, a társadalomban élő ember, valamint a felszíni és felszín alatti vizek kapcsolatát veszi górcső alá kétféle megközelítésben, egyrészt a technika szemellenzőjén keresztül, másrészt a természeti rend sorvezetőjének szem előtt tartásával. Hangsúlyozom, hogy a könyvben csupán a hidroszféra egyik részének, a felszíni és felszín alatti vizeknek a kérdéskörét taglalom, az óceánokat egyáltalán nem, és csak érintőlegesen foglalkozom a légköri víz ügyeivel.

Úgy gondolom, hogy a laikus olvasó is el tud igazodni a kötet lapjain, és igyekszem világosan megfogalmazni azokat a problémákat, amelyekkel a vízügyi ágazatnak vagy éppen az átlagembernek is szembesülnie kell. Az itt leírtak a középiskolás természettudományos tananyagra alapoznak, ezért elsődlegesen ajánlom azon egyetemek hallgatóinak, akik szakmai ismereteik megszerzését követően vizeink problematikájával foglalkoznak majd. Talán sikerül látókörüket kicsit szélesítenem, az általuk megtanult dolgokat más megvilágításból is szemléltetnem, és szakmájuk gyakorlása során a készen kapott szabályok helyett szabadabb gondolkodásra ösztönöznöm őket.

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

1. RENDSZERELMÉLETI ALAPOK

A felületes szemlélő számára egy lustán hömpölygő nagy folyó, egy csobogó patak vagy a kőzetrétegek közé ékelődő vízrétegek nem tűnnek élőlénynek. Egészen a múlt század végéig a természettudománynak is az volt az álláspontja, hogy bár vannak élő elemeik, alapvetően fiziko-kémiai változások alakítják élettelen környezetünket, és az élővilág ahhoz csak alkalmazkodik. A röviden csupán Gaia-elméletnek nevezett elgondolás megjelenése óta azonban a helyzet gyökeresen megváltozott. Ez az elmélet a kibernetikus szabályozás sajátosságaival ruházta fel a bolygó élő és élettelen rendszereit, és kölcsönhatásaikat egyetlen, összefüggő vezérlésként értelmezte, amelynek célja, hogy a Föld fiziko-kémiai paramétereit az élet fenntartásához nélkülözhetetlen komfortzónában tartsa (Lovelock–Margulis 1973). Az elméletet már áttekintettem a sorozat első kötetében (Borsos 2002), most azt vizsgálom meg, hogy a humánökológia területén a rendszerelmélet és a kibernetikus szabályozás sajátosságai hogyan és milyen mértékben alkalmazhatók a földi hidroszféra egy alrendszerének, a szárazföldi felszíni és felszín alatti vízrendszereknek a leírására, sajátosságaik értelmezésére, és hogy mindebben az ember milyen szerepet játszik.

Felszíni vizeink a legkisebb patakocskáktól a legnagyobb folyamokig összetett természeti rendszernek tekinthetők, amelyekben élő és élettelen alkotóelemek egyaránt megtalálhatók. A történelem során a különféle emberi társadalmak ismételten megpróbálták a vízfolyásokat alakítgatni, természetes életükbe beavatkozni, hogy az általuk hordozott és az emberi élethez létfontosságú erőforrásokat kihasználhassák ivásra, tisztálkodásra, öntözésre, majd később egyéb, például ipari célokra is (Haidvogl 2018). Az ipari technológia két-háromszáz éve fejlődött olyan szintre, hogy számos műszaki megoldás révén immáron nemcsak a nagy folyóvölgyek évezredes társadalmai, hanem a világon mindenhol lényegi, érdemi változásokat indukáljanak ezekben a természetes rendszerekben, és egy idő után a beavatkozások nem kímélték a felszín alatti rendszereket sem (Vörösmarty et al. 2015). Ennek eredményeként sajátos kölcsönhatás jött létre az ember, az általa alkalmazott technológia és az azt elszenvedő természet között. Az egyik legfontosabb földi erőforrásunk, az élet fenntartására alkalmas ivóvíz

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

különféle megjelenési formáit, de különösen a nagy folyókat műszaki infrastruktúra alkalmazásával jelentős mértékben módosították, ami megtörte ezeknek az egységes rendszereknek a természetes funkcionális ciklusait, és megszakította természetes működési rendjüket (Borsos 2013). Akárcsak a többi természeti rendszer esetében, a nagy folyóknál, sőt a felszín alatti vizeknél is a rendszerelmélet a legalkalmasabb tudományos megközelítés arra, hogy leírja a természetes viselkedésformákat, és értelmezze a folyó életében zajló változások dinamikája és a ráerőltetett merev műszaki szerkezetek közötti ellentmondásokat.

Az általános rendszerelmélet tudományterületének megalapítása Ludwig von Bertalanffy osztrák biológus nevéhez fűződik (Bertalanffy 1968), de azóta sokan és sokféleképpen fejlesztették tovább (például Meadows et al. 1972, 1992, 2004; Varela et al. 1974; Capra 1987). A mechanikus, redukcionista tudománynyal ellentétben itt a világ megismerésének egy másik megközelítése dominál, amely elsősorban a rendszerekkel, azok kapcsolataival és folyamataival foglalkozik, ezt tekinti elsődlegesnek, és csak azután veszi sorra az ehhez szükséges alkotóelemeket – nem pedig fordítva.

A humánökológia néven terjedő új tudományterület megkísérli a természeti és az ember alkotta rendszereket összeegyeztetni, előrejelzéseket adni az ember és környezet jövőben várható kölcsönhatásairól, és mindezek során komolyan igénybe veszi az általános rendszerelmélet megállapításait, törvényszerűségeit. Az alkalmazott rendszerelmélet egyik általános érvényű megállapítása, hogy az ember társadalmi cselekvése, beleértve esetünkben különösen a műszaki rendszerek létrehozását, pozitív visszacsatolási ciklusokkal kórosan fertőzött, alapvetően bizonytalan tudásra alapozott és a csökkenő hozadék törvényével folyamatosan konfliktusba kerülő folyamat. A legtöbben úgy gondolják, hogy ezek a hibák és kudarcok lényegében arra vezethetők vissza, hogy míg a természeti folyamatok kaotikus és nemlineáris jellegűek, az emberi, műszaki rendszerek logikusan felépített, lineáris berendezkedésű létesítmények (H. Odum 1994, E. Odum 1997, Marten 2001).

Márpedig a humánökológia szerint az emberi társadalom kölcsönhatásait nem vizsgálhatjuk másképp, mint a környezetünkkel együtt egy egységes rendszerben. Ebben az elméleti keretben a szervezetet vagy a társadalom biológiai, társadalmi és fizikai vonatkozásait mind környezetük kontextusában kell értelmeznünk. A tágabb értelemben vett humánökológia szerint ez nemcsak a természeti világ lehet, hanem és/vagy a társadalmi és kulturális miliő is, amiben az adott szervezet létezik. Ebben a megközelítésben az egyén, a társadalom és a környezet kölcsönhatások és változások aktív folyamatai által van egymással összekötve.

Ebben a könyvben az általános rendszerelmélet eszközeit és az úgynevezett elsőfajú hiba jelenségét a felszíni és felszín alatti vizekre alkalmazzuk. Ehhez először át kell tekintenünk a dinamikus rendszeregyensúly főbb jellemzőit, elveit és folyamatait, valamint a rendszerek és alrendszereik egymáshoz való viszonyát,

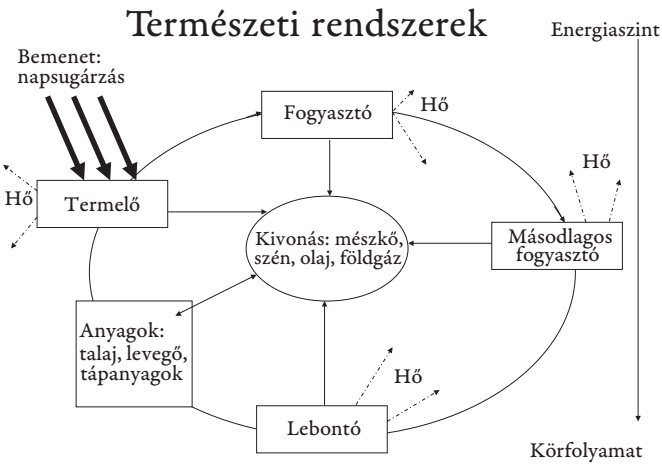
www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

különösen ami az energia felhasználását jelenti. Meg kell vizsgálni azt is, hogy mik azok az elvi ellentmondások, amelyek a természetes és műszaki rendszerek közötti konfliktusok forrásai. Az elmélet után azt elemezzük, hogy a történelem során milyen volt a viszony az ember és a természet között a folyók életét illetően a vízgyűjtők erdőirtásaitól a modern rehabilitációs erőfeszítésekig. Olyan példákat is mutatok, amelyek fenntartható vízgazdálkodásra adhatnak reményt abban az értelemben, hogy velük talán elkerülhető vagy csökkenthető az elsőfajú hiba folytonosan visszatérő kényszere.

1.1. A TERMÉSZETES RENDSZEREK JELLEMZŐI

A természeti rendszerek ciklikus mintázatát az 1. ábra mutatja be. Az élő rendszerek alkalmasak arra, hogy körfolyamatok sorozatán keresztül befogják, átalakítsák és tárolják a napfény elektromágneses energiájának egy részét. Az ilyen rendszerek kölcsönhatásait és kapcsolatait egyenes vonalú láncok helyett egyre inkább összetett és bonyolult hálózatok formájában írják le (Mollison 1990, Capra 1997). A különféle földtörténeti korokból visszamaradt lerakódásokat ma kőszén, mészkő, kőolaj vagy éppen földgáz néven ismerjük. Tekinthetjük ezeket az anyagokat hulladéknak is, hiszen a Föld történetének egy korábbi fejezetéből maradtak vissza (Lovelock 1991), nem szabad ugyanakkor megfeledkeznünk arról, hogy csak az anyagok körforgása zárul ciklusokban, az energia mindössze áthalad a rendszeren, és ennek során csökkenti annak entrópiáját. Ezt az teszi lehetővé, hogy a napfény hosszú távon képes folyamatosan és bőségesen új energiával ellátni a rendszert.



1. ábra. *A természeti rendszerek folyamatainak modellezése*

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

Minden rendszer dinamikus egyensúlyban áll a környezetével vagy más néven azzal a szuperrendszerrel, amelynek részét képezi. A rendszer részei, ezek kapcsolatai és egymáshoz való viszonyuk együttesen a rendszer szerkezetét adja. Ezzel a szervezett rendszerek eltávolodnak a homogén, egyenletes és ezért energiaminimumban lévő állapottól, és a dinamikus folyamatok révén szervezett, inhomogén („rendezetlen") állapotra tesznek szert. E szervezett állapot fenntartása folyamatos energiabefektetést igényel, amit a rendszer szerkezete szabályoz, és az adott rendszer élettartama során meglepően állandónak mutatkozik (Borsos 2002). A rendszer egyik különleges tulajdonsága, hogy igyekszik megőrizni azokat a kapcsolatokat és viszonyokat, amelyek mint rendszert megkülönböztethetővé teszik. Ha nem lennének külső behatások, egy ilyen elrendeződés az állandó egyensúly állapotában lenne. Ezért a rendszerek természetüknél fogva konzervatív, a jelen állapot megőrzésére törekvő szerveződéseknek foghatók fel. A környezet azonban folyamatosan változik, és amelyik rendszer fenn akar maradni, kénytelen idővel saját részeiben, kapcsolataiban és viszonylataiban végrehajtott változtatások révén alkalmazkodni ezekhez a változásokhoz. Ily módon a külső behatásokat kivédheti, és a folyamatban maga a rendszer is egyfajta fejlődésen megy keresztül, amelynek révén alkalmazkodóképessége megnő. Ez viszont visszahat a környezetére, és ebből eredően a dinamikus egyensúlyi állapotra is (Gyulai 2009). Az idő előrehaladtával ezek a változások egy új rendszerállapot kialakulásához és más, új tulajdonságok megjelenéséhez vezetnek. A folyamatot evolúciónak nevezzük, és lényege, hogy benne a pozitív és negatív visszacsatolások egyfajta egyensúlyba kerülnek, ezért egyik sem tud kizárólagosan érvényesülni.

A nem élő rendszerek hajlamosak entrópiájuk növelésére – a folyók ezt azáltal érik el, hogy a tektonikai mozgások által változatossá tett földrajzi terepet elegyengetik, feltöltik –, míg az élő rendszerek szerveződésük fokát folyamatosan növelik, szabad energiát halmoznak fel, aminek következtében entrópiájuk csökken. Miután élő és élettelen részeik egyaránt vannak, a folyók és a hozzájuk tartozó vízgyűjtők is fejlődnek, miközben igyekeznek dinamikus egyensúlyi állapotukat a felettük álló rendszerekbe, a hidroszférába és a bioszférába illeszkedve helyileg megtartani. A rendszerek egymásba foglalt hierarchiában kapcsolódnak össze, mindegyik rendszer a felette álló szuperrendszer teljes mértékben integrált, funkcionális alkatrésze, tehát nem piramisszerűen, hanem egymásba „fészkelt" módon épülnek fel (Koestler 1967: 84, Sheldrake 1987: 77). Nem árt itt ismét emlékeztetni arra, hogy akármilyen találékony is az ember, az emberi társadalom végső soron nem más, mint a Föld bioszférájának egyik alrendszere. Sajnos azonban a korábbi rendszerműködés során felhalmozott lerakódások (mészkő, olaj, gáz, szén stb.), a meg nem újítható erőforrások (fémek, ércek, kőzetek) kiaknázásával, valamint a megújuló források (halállományok, erdők, agrár-ökoszisztémák, vízkészletek stb.) a megújulás sebességénél nagyobb mér-

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

tékű használatából nyert energia- és erőforrások látszólag bőségben rendelkezésre álló mennyiségeinek felhasználásával az emberi társadalom működése egy elszabadult pozitív visszacsatolású, önmagát erősítő ördögi körré vált, ami a modern civilizált társadalmat egyre gyorsuló fejlődési spirálba kényszeríti, és ezzel a rendszert logikai csapdák foglyává teszi (Borsos 2013).

A környezethez való alkalmazkodás, a biológia alapvető fogalma csak egyedi vagy faji szinten értelmezhető, egy komplex ökológiai rendszer a maga biogeokémiai ciklusaival nem alkalmazkodik, hanem kölcsönhatásban van a természeti környezet élő és élettelen elemeivel, kölcsönösen alakítván egymást. A természetes élő rendszerek építőelemei és alrendszerei között kialakuló kölcsönhatások összessége arra törekszik, hogy a rendszert az adott rendszerre jellemző peremfeltételek között tartsa, tehát lehetőség szerint állandósítsa a környezeti hatásokat. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az élő elemekre vonatkozó szelekciót tágabb értelemben éppen hogy nem az alkalmazkodási kényszer és a verseny, hanem az együttműködés, az egészhez való hozzájárulás mértéke szabja meg, és azok a fajok, populációk maradnak meg, amelyek képesek az optimális „üzemállapot" fenntartásához hozzájárulni. Az ilyen rendszereknek nagy a pufferkapacitása, tehát képesek a természeti tényezőkben bekövetkező fluktuációkat negatív visszacsatolással kompenzálni. Legalábbis addig, amíg az alrendszerek épek és együttműködésük hiánytalan, hiszen ez a rugalmasság záloga (Molnár 2002b: 182). Jó okunk van feltételezni, hogy amennyiben valamely alrendszer az egyensúly és a kibernetikus szabályozás ellen dolgozik, akkor azt az adaptálódó, interaktív rendszer rövid úton kiküszöböli.

1.2. AZ ENERGIA NEM ÚJUL MEG

Az emberi társadalmakban a külső energiabevitel az, ami felborítja a természeti környezettel kialakított ökológiai egyensúlyt. A civilizált emberiség időhorizontja mindössze néhány tízezer év, ezen idő alatt a Föld bolygó összes rendszerének egyetlen valódi külső energiaforrása – a nukleáris, geotermális és bizonyos értelemben az árapály-energia kivételével – mindenkor a bolygó felszínét érő napsugárzás energiája volt, és belátható időn belül ez így is marad. A szél, a hullámok, a vízi energia és az összes biomassza, valamint az abból eredő energiaforrás mind csak a napsugárzás átalakításából származó másodlagos energiahordozó. Azok az anyagok viszont, amelyek ezeket az energiaféleségeket hordozzák, mind körforgásban találhatók. A mindennapi szóhasználat ezeket az energiafajtákat, valamint a recens, tehát jelen időben megkötött biomasszát és a Föld kérgének a hőjével „újrafűtött" geotermális energiát is a megújuló energiaforrások közé sorolja.

A fenti okok miatt azonban az, hogy mit nevezhetünk megújulónak, viszonylagos fogalom. A kifejezés eleve helytelen, hiszen az energiamegmaradás tör-

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

vénye értelmében energia nem újulhat meg, mert felhasználása során disszipálódik, és visszavonhatatlanul munkává, hővé stb. alakul. Csupán az energiát közvetítő anyagi rendszerek újulhatnak meg abban az értelemben, hogy részei a bolygó biogeokémiai, hidrológiai ciklusainak. A megújuló források sérülékenysége, ideértve a legtöbb energiaforrást is, használatuk intenzitásától függ. A túl intenzív kiaknázás azt az ökológiai rendszert, amelynek részét képezik, egyik stabil állapotból a másikba zökkentheti át, az új elrendeződés azonban már más peremfeltételekkel rendelkezik: megváltozik a megújíthatóság mértéke és lehetősége, ezért visszafordíthatatlan változások játszódnak le. Ha túl erőteljes az igénybevétel, eltűnhetnek azok a „szolgáltatások" (természeti kincsek) is, amelyeket az ökológiai rendszer nyújt. Ha egy kereskedelmileg hasznosítható halfajtát olyan mértékig túlhalásznak, ahonnan populációbiológiai okokból nem tud már magához térni, a változás akkor is visszafordíthatatlan lesz, ha hirtelen minden halászat leáll.

Ezek a helyrehozhatatlan károk nem előzhetők meg a kereslet és kínálat visszacsatolásokra alapozott egyensúlyi állapotával, amely csak a közgazdaságtan absztrakt logikáját követi és nem a biológiai tényeket. Miután túl keveset tudunk a természetes rendszerekben uralkodó kapcsolatok finom hálózatairól, a túlhasználat és túlzsákmányolás elkerülésének egyetlen gyakorlatias módja, ha a használat intenzitását csak apránként fokozzuk, és odafigyelünk minden apró jelre. A társadalmi és természeti rendszerek érintett részeit folyamatosan figyelemmel kell kísérni, nem lépnek-e fel nem kívánt következmények. Már az is intő jel lehet, ha a használat intenzitásának növekedésével a kapott haszon (a csökkenő hozadék törvénye) nem növekszik egyenlő mértékben. Kétség esetén nem árt az óvatosság elvét követni (Marten 2001). Az emberi és természeti rendszerek közötti eltérések fő oka az előbbiek által használt lineáris logika és a mérhetetlen mennyiségű külső, rendszeridegen energia. Ezek a megújuló energiaforrások kimerítését eredményezik, és folyamatos növekedési kényszert hoznak létre a bolygó véges erőforrásainak kárára.

A vízhasználat sem kivétel ez alól az elszabadult felhasználási ütem alól. A vízkészleteket is lehet túlhasználni. A nagy folyók által képviselt „megújuló" energia például csak akkor használható fel hosszú távon fenntartható módon, ha ez az újratöltődésüknél lassabb ütemben történik meg. Ha a folyó egész hosszában gátakat építenek, és a víz egy részét mindenütt elvonják, az utolsóban már sokkal kevesebb lesz a víz a vártnál, különösen, ha az egyéb felhasználási formák – öntözés, ivóvíz-felhasználás – kimerítik a folyó véges mennyiségű vízkészletét. Ha a felhasználás módja maga akadályozza a megújulást, például feltöltődés miatt, az adott erőforrás már nem tekinthető megújulónak. Vagy ha az éghajlatváltozás következtében a folyó felső vízgyűjtőjének utánpótlását adó nagy gleccserek elolvadnak, megszakad az örök körforgás, a megújulás és pótlódás ciklusa. Ma már sorra jönnek a szomorú hírek az ilyen veszélyeknek kitett nagy

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

folyókról, beleértve a Himalája, a Karakorum és a Hindukus hegységek folyóit, az Indust, a Gangeszt és a Brahmaputrát (Gartner 2007, UNEP 2007). A becslések szerint a nagy ázsiai gleccserek az évszázad végére tömegük akár 65%-át is elveszthetik, milliók vízellátását sodorva ezzel veszélybe (Kraaijenbrink et al. 2017). A folyószabályozások, a mocsarak és lápvidékek lecsapolása, illetve a társadalmi igények kielégítésére a felszín alatti vízadó rétegekből kitermelt vízmennyiség miatt sokkal több víz kerül az óceánokba, mint amennyinek a pótlása csapadékkal lehetséges, ezért a kontinensek kiszáradnak: a pótlódás üteme megint csak nincs összhangban a kimerülés sebességével (Horváth 1993, Kravcik et al. 2008).

Ugyanez a gondolatmenet igaz a felszín alatti vizek utánpótlására is, sőt itt a helyzet még aggasztóbb, mert a legtöbb ilyen készlet csak évszázadok, évezredek, esetenként évtízezredek alatt tud pótlódni. A modellek néhány évvel ezelőtt még azt mutatták, hogy a bolygó állapotát jelző környezeti tényezők közül a biodiverzitás csökkenése és az éghajlatváltozás az a kettő, amelyek túl vannak az átbillenési ponton, tehát ezek a rendszerek mindenképpen irreverzibilis változásokon mennek keresztül, míg új, stabil állapotba nem kerülnek. Az akkori számítások szerint a vízkivétel és vízhasználat esetében még távol vagyunk a planetáris határtól (Röckstrom et al. 2009). Az azóta eltelt időben azonban a mérési idősorokból kiderült, hogy már majdnem ott vagyunk, és ráadásul ezért – az éghajlatváltozástól függetlenül is – felerészben az emberi tevékenység felel (Szöllősi-Nagy 2019).

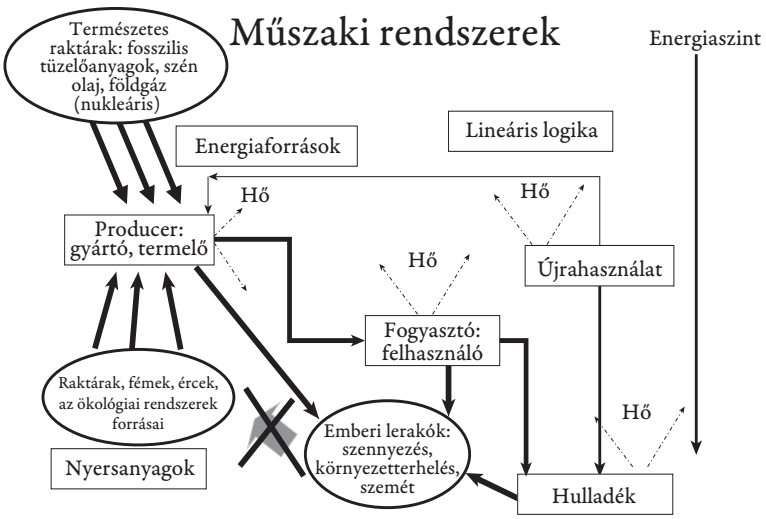
1.3. A MŰSZAKI RENDSZEREK JELLEMZŐI

Antropogén rendszerekben az anyagok körforgásának logikája megtörik, és helyét lineáris anyagáramlás tölti be. Elvétel van, de nincs visszapótlás, megújulás sem energetikai, sem anyagi értelemben. Ezzel egyidejűleg az emberi rendszerek minden lépésben új lerakódásokat hoznak létre, amelyek kivonódnak a cirkuláris folyamatokból, szennyeződés, hulladék, melléktermék stb. formájában. Ezek alacsony energiaszintű, szerkezeti rendezettségüket vesztett, magas entrópiaszinttel rendelkező anyagok, amelyeknek nem sok esélyük van a folyamat kezdőpontjához való visszatéréshez. A lebontók pedig teljesen hiányoznak a rendszerből. A rendszer egésze mint olyan visszafordíthatatlan (Borsos 2009). Az anyag- és információáramlás lineáris tervezettségű, és az ilyen műszaki megoldásokban amúgy is jelen lévő, a későbbiekben elsőfajú hibának is nevezett, kibernetikus nyelven pozitív visszacsatolásként ismert mechanizmusok hatásait a közgazdaságtanban dívó növekedési elméletek okozta növekedési kényszer még csak tovább fokozza. Az eredmény, hogy az amúgy is visszavonhatatlanul elveszett, nagy mennyiségű disszipálódott energián kívül az anyagi bevitel is szét-

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

esik, és további feldolgozásra alkalmatlanná válik. Ez egyike azoknak az okoknak, amiért az ilyen műszaki rendszereket az ökológusok a bolygó életfenntartó rendszereinek viszonyában parazitaként határozzák meg (Odum 1997, 314). Azt is mondhatjuk, hogy ez a lényegi hiba okozza a folytonos növekedés kényszerét: hiszen a rendszerek anyagi összetevőit is új erőforrások felhasználásával kell újra és újra előállítani. Világos, hogy ezt az ellentmondást nem lehet a növekedési paradigma keretein belül feloldani (2. ábra). A vízfelhasználás módozatai sem kivételek ez alól a megfutó növekedési görbe alól.



2. ábra. *A műszaki rendszerek lineáris logikája*

Ráadásul ma már minden műszaki rendszert a jelen időben képződő, megújuló forrásoknál sokkal koncentráltabb, nagyobb energiatartalmú energiaforrás táplál. Ezek a szenet – alkalomadtán a maghasadás energiáját – sokkal töményebb formában, magasabb fűtőértékkel tartalmazzák. A szén mint anyagi hordozó sokkal kisebb koncentrációban található meg a recens biomasszában, és teljesen hiányzik a többi megújulóból (nap, szél, földhő vagy víz), az energiafluxus ezért itt kisebb. Már csak ezért is reménytelen vállalkozás a fosszilis tüzelőanyagokat teljes egészében megújulókkal kiváltani. Olyan hatalmas mennyiségű tárolt energiát használunk el modern társadalmunk energiaigényének kielégítésére, hogy azt valóban megújuló forrásokból helyettesíteni gyakorlatilag lehetetlen. Hogy mást ne mondjunk, egyedül a Kínában a Jangce folyón épült Három Szurdok-gát 22 500 MW-os erőművének a meghajtására két 50 megawattos kisegítő erőműre van szükség, nem beszélve az építkezés, a lakosság áttelepítése, az erdőirtások és a nagyszámú egyéb járulékos tevékenység energiaszükségletéről, amit rendszerint nem számolnak bele

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

az energiamérlegbe, de amelyek energiaigényét természetesen fosszilis forrásokból elégítik ki (CTGPC 2007). A látszólag kimeríthetetlen mennyiségben rendelkezésre álló energia mentesíti az emberi társadalmat attól a kényszertől is, hogy a felhasznált anyagokat körforgássá szervezze. Az emberi, műszaki rendszerek ennélfogva elkerülik azt a negatív visszacsatolást, ami a természetes rendszerekben a pozitív visszacsatolású hurkokat kordában tartja (Gyulai 2009).

1.4. AZ ELSŐFAJÚ HIBA

A társadalmi, technikai rendszerek és az emberi társadalmak folyamatos kölcsönhatásban állnak szuperrendszerükkel, a bolygó természeti rendszereivel: az ökoszisztémákkal, a biogeokémiai ciklusokkal és a természeti erőforrásokkal. A társadalmi-műszaki és a természeti rendszerek közötti kölcsönhatás során a társadalom egyre kiterjedtebb igényei és a népesség növekedése rendszerint gondot okoznak, amelyet valamilyen lineáris logikájú technikai módszerrel orvosolnak. A „megoldás" kihatással van a természeti rendszerre, amely viszont visszahat a társadalmi rendszerre, így a korábbinál is összetettebb és átfogóbb problémát vált ki. Az új, „fejlettebb" megoldás azonban még pusztítóbb hatást gyakorol a természeti környezetre, és ez ismét csak visszaüt a társadalomra. Egy folyamatosan növekvő mértékű, pozitív visszacsatolású folyamat alakul ki egyre bonyolultabb következményekkel (Borsos 2009). A folyamat mind többször kerül összetűzésbe a természeti rendszerek működésével, aminek az ára a természeti és társadalmi rendszerek épségének ökológiai és környezeti válság néven is emlegetett összeomlása. Ezenkívül a természeti rendszerek által eredetileg ingyen nyújtott számos „szolgáltatás" (helyesebb lenne előnynek nevezni) elvész, és mesterségesen kell pótolni, sok pénzért és – ezek után nem meglepő módon – elkerülhetetlenül további gondok kreálásának a lehetőségével.

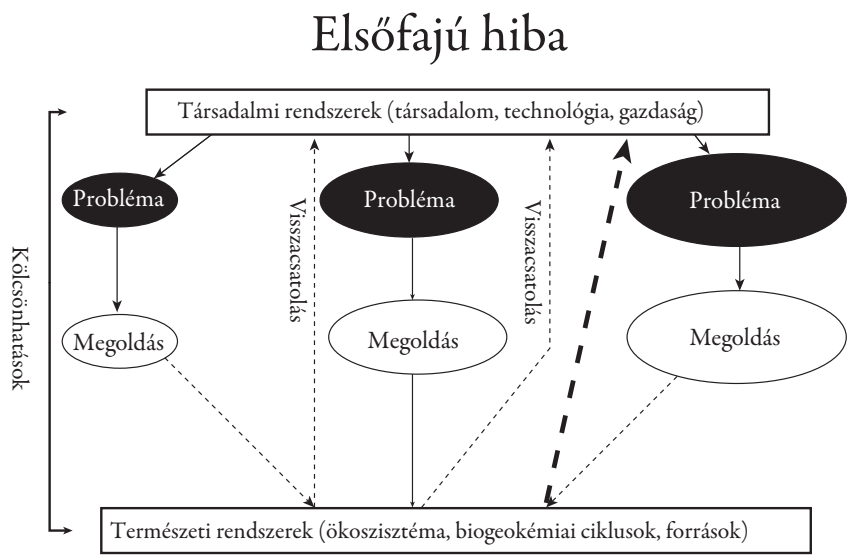
A rendszerelmélet egyik alapvető kategóriája a kétféle rendszer együttműködésének vázolt hiányára alkalmazott fogalom, az úgynevezett elsőfajú hiba. Nem titok, hogy minden emberi társadalom a gazdasági és pénzügyi rendszerével, a saját felépítményével hatást gyakorol a körülötte lévő természeti rendszerre. Ma már a bolygót beborító hatalmas, ember alkotta változások láttán nehéz elképzelni, de a természeti rendszernek az emberi társadalom csupán egyik – nem is a legnagyobb – alrendszere. Mint ilyen, hosszú távon nem képes a felette elhelyezkedő szuperrendszer logikája ellenében hatni. Elsőfajú hibának röviden olyan műszaki, társadalmi beavatkozásokat vagy jelenségeket nevezünk, amelyek a kétféle rendszer dinamikája és működési mechanizmusainak ütközése következtében előálló különbségeket inherensen magukban hordozzák, ezért kimutatható, hogy:

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

- elméletben sem képzelhető el olyan megoldás, amely zökkenőmentes együttműködésüket lehetővé tenné, és ezért
- a műszaki beavatkozás megvalósítása után nagy biztonsággal megjósolható (de nem meghatározható), hogy újabb problémák fognak keletkezni a természeti rendszer és az ember alkotta műszaki rendszer konfliktusának következtében.

Az elsőfajú hiba mögött rejlő filozófiai ok az, hogy a probléma megoldására kitalált emberi, műszaki beavatkozások szinte kivétel nélkül mindig, és nem csak az ipari forradalom óta, egyszerűsítő, redukcionista elképzelések alapján születnek, nem pedig egységes egészben gondolkodva. A különféle rendszerek összetett kapcsolataiból egyetlen összetevőt emelnek ki, azt módosítják, távolítják el, vagy egyetlen új összetevőt raknak hozzá azzal a makacs hittel, hogy „megoldják" a gondot. Ám minden természetes rendszer, különösen az ökoszisztémák, összetett módon viselkednek és a beavatkozásra rendszerszinten reagálnak. Az egész rendszer újraszerveződik, és új peremfeltételek alakulnak ki. Miután a műszaki megoldások teljesen merevek és statikusak, nem alkalmazhatók az újonnan kialakult körülmények között, ezért alkalmatlanná válnak a rendeltetésszerű használatra (Borsos 2002). Az elsőfajú hiba kiküszöbölésének előfeltétele az emberi társadalmi rendszerek és az ökoszisztémák együttes fejlődése (koevolúció) és egymáshoz való kölcsönös alkalmazkodása (koadaptáció) (Marten 2001). Az elsőfajú hiba önmagát felerősítő mechanizmusát a 3. ábra illusztrálja.



3. ábra. *Az elsőfajú hiba önerősítő mechanizmusa*

www.interkonyv.hu © Borsos Béla

Open Access 2026-11-22 © Typotex Kiadó

A természeti környezet társadalmi igényű átalakítása tehát a fentiek miatt soha nem sikerülhet úgy, ahogy szeretnénk. A közhittel ellentétben ez a megállapítás nemcsak az élő rendszerekbe történt beavatkozásokra igaz, hanem az olyan, jórészt élettelennek tudott, ám rendkívül bonyolult természeti rendszerekre is, mint amilyen a földfelszín vízrajza, a felszíni vizek lefutása, mozgása, változásai és természetes dinamikája. A folyók olyan dinamikus természeti rendszerek, amelyek az élet nagyon sok jellemzőjével rendelkeznek, ezért joggal nevezhetjük őket élő rendszereknek az élő, fejlődő rendszerek számos jellemzőjével együtt (Láng 2002). A lineáris logika mellett a másik alapvető különbség az adaptáció képességének feltűnő hiánya a műszaki rendszereknél, amelyek nem képesek reagálni a változó körülményekre, a szó szoros értelmében örökre kívánnak bebetonozni egy-egy üzemállapotot. Más szóval hiányzik belőlük a fejlődés lehetősége.

A tipikus elsőfajú hiba esetén a társadalom döntéshozói nem ismerik fel a probléma jellegét, ezért bíznak abban, hogy a – továbbra is lineáris logika mentén fejlődő – tudományos, ipari és műszaki haladás olyan megoldást fog kínálni, amely orvosolja a bajt. Ezzel egy ördögi kör jön létre, amely ráadásul pozitív visszacsatolással működik, tehát az újabb műszaki megoldásra adott természeti válasz még nagyobb gondokat okoz, mint az elődje okozott, ezért az embernek még nagyobb átalakításokat kell eszközölnie, még nagyobb erőfeszítéseket tennie (több anyagot, energiát – és pénzt – megmozgatnia), ha ideig-óráig működő új megoldást akar megvalósítani. Az elsőfajú hiba visszacsatoló körei már elég régen kialakultak, gyakorlatilag amióta szervezett emberi társadalmak léteznek. Hogy nem okoztak eddig nagyobb bajt, az a két rendszer egymáshoz viszonyított méretének eddig jelentős különbségével magyarázható. Az emberi társadalmak korábban elenyészően parányiak voltak a bolygó biogeokémiai ciklusaihoz és ökoszisztémáihoz viszonyítva, ezért az elsőfajú hiba érzékelésekor alapvetően kétféle választ adtak a felmerült problémákra: vagy kihaltak, elvándoroltak, áldozatául estek egy másik, az adott pillanatban jobban adaptálódott társadalomnak, vagy előrukkoltak egy technikai újdonsággal, amely lehetővé tette fennmaradásukat. A dolog azonban komolyabbá vált a fosszilis tüzelőanyagok és a nukleáris energia felfedezésével, amelyek bőségesen rendelkezésre állván még több energia felhasználása árán menekülő útvonalat nyújtottak a rosszul végiggondolt műszaki újítások okozta következmények elől.

De az emberi beavatkozások áttekintése előtt lássuk, hogyan is működnek a természetben önmagukban, külső behatás nélkül a vizek rendszerei.

www.interkonyv.hu © Borsos Béla