

Ember és természet

Kiút a zsákutcából



Hetesi Zsolt – Kiss Tibor

A kiadvány a KÖFOP-2.1.1-VEKOP-15-2016-00001
„A közszolgáltatás komplex kompetencia, életpálya-
program és oktatás technológiai fejlesztése”
című projekt keretében készült el és jelent meg.

Szerző:

Hetesi Zsolt
Kiss Tibor

Szakmai lektor:

Prof. Dr. Zlinszky János

Olvasószerkesztő:

Császár-Biró Anna

A kézirat lezárásának dátuma:

2018. április 5.

Kiadja:

© NKE, 2018

Felelős kiadó:

Prof. Dr. Kis Norbert
Dékán

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

TARTALOM

1. Ember okozta természeti károk – történeti példák	5
1.1. Emberi társadalmak sérülékenysége, történelmi példák szerepe és fontossága	5
1.2. Húsvét-sziget	5
1.3. Vikingek – Izland és Grönland	7
1.4. Diamond szempontrendszere – az Asszuáni Gát	9
1.4.1. <i>A rossz döntések háttere, szempontok</i>	9
1.4.2. <i>Kidolgozandó példa: az asszuáni gát</i>	10
2. A mai helyzet: háború a természettel, az emberi hatás	12
2.1. Az ökológiai és gazdasági rendszerek közötti kapcsolat	12
2.1.2. <i>Iskolapéldák: a földművelés kezdetei és a mediterrán térség tájatalakítása</i>	12
2.1.3. <i>Földéhség, mint az erdőirtás további oka</i>	14
2.1.4. <i>Fajkihalás</i>	15
2.2. A bolygó korlátai	16
2.3. A növekedés határai	20
2.3.1. <i>Bevezetés</i>	20
2.3.2. <i>A World3 modell</i>	20
2.3.3. <i>Elemzés</i>	22
2.3.4. <i>Utánkövetés</i>	23
2.3.5. <i>A növekedés társadalmi határai</i>	24
2.4. A Bali mezőgazdaság és a zöld forradalom	25
2.4.1. <i>Áttekintés</i>	25
2.4.2. <i>A zöld forradalom</i>	27
2.4.3. <i>Tudományos megközelítés</i>	28
2.4.5. <i>Aktuális fejlemények</i>	29
3. Kivezető utak – rendszergondolkodás	30
3.1. Rendszergondolkodás – bevezető	30
3.1.1. <i>A probléma strukturálása</i>	31
3.1.2. <i>Oksághurok-diagram</i>	31
3.1.3. <i>Rendszerdinamikai modell</i>	33
3.1.4. <i>Szcenáriótervezés, alkalmazás</i>	35
3.2. Az éghajlati rendszer, mint rendszerdinamikai példa	35
3.2.1. <i>Az éghajlati rendszer</i>	35
3.2.2. <i>Az üvegházhatás működésének rendszerdinamikai modellje</i>	38
3.3. Beavatkozási pontok egy dinamikus komplex rendszerben	39
3.3.1. <i>Konstansok, paraméterek</i>	40
3.3.2. <i>Pufferek</i>	40
3.3.3. <i>Stock és flow struktúra</i>	41
3.3.4. <i>Késleltetések</i>	41
3.3.5. <i>Kiegyensúlyozó visszacsatolási hurok</i>	42
3.3.6. <i>Megerősítő visszacsatolási hurok</i>	42
3.3.7. <i>Információ-áram (flow)</i>	42
3.3.8. <i>Szabályok</i>	43
3.3.9. <i>Önszerveződés</i>	43
3.3.10. <i>Célok</i>	44

3.3.11. Paradigmák	44
3.3.12. Paradigma-nélküliség	44
3.4. A Húsvét-sziget ökológiai katasztrófájának rendszerszintű elemzése a rendszer-archetípusok segítségével	44
3.4.1. Tüneti kezelés	45
3.4.2. A közlegelők tragédiája	46
3.4.3. Erodálódó célok	47
3.4.4. Eszkaláció.	48
3.4.5. Siker a sikereseknek	48
3.4.6. Teheráthárítás - Ráarakjuk a terhet a beavatkozóra.	48
3.4.7. Szabálykerülés	49
3.4.8. Rossz cél követése.	49
3.4.9. A növekedés határai	50
4. Körforgásos gazdaság, kék gazdaság, lokális megoldások, jó példák	51
4.1. Kék gazdaság, körforgásos gazdaság	51
4.1.1. A kék gazdaság	51
4.1.2. A körforgásos gazdaság	53
4.2. Las Gaviotas	54
4.2.1. Az átalakított természeti környezet hatásai	57
4.2.2. Megújuló energia	58
4.3. Talajmegújító mezőgazdasági technológia, mint kertészeti és szántóföldi kék gazdaság-megoldás	61
4.3.1. A közeljövő iker kihívásai a mezőgazdaság előtt: éghajlatváltozás és talajkimerülés	62
4.3.2. A talajjavító mezőgazdaság rendszerezett leírása: szántóföldek.	65
4.3.3. A talajjavító mezőgazdaság rendszerezett leírása: kiskertek.	66
4.3.4. Eredmények.	66
4.4. Egy almaléüzem vizsgálata – Egy kék gazdaság elven működő almafeldolgozó kisüzem	67
4.4.1. A hagyományos gyümölcsfeldolgozó üzem	67
4.4.2. Kék gazdaság típusú üzem	68
4.4.3. Összehasonlítás	72
Irodalomjegyzék	73
Internetes források	76

1. EMBER OKOZTA TERMÉSZETI KÁROK – TÖRTÉNETI PÉLDÁK

1.1. Emberi társadalmak sérülékenysége, történelmi példák szerepe és fontossága

Az emberiség történelme során egyre nagyobb területeken tudott megtelepedni a Földön. Korábban lakhatatlannak hitt vidékek népesültek be, és ma lehetséges a sarkkörön túl vagy sivatagi körülmények között élni akár városokban is – az előbbire az orosz Norilszk, az utóbbira Las Vegas lehet példa. Civilizációnk az egész bolygóra kiterjed, a természetes környezetre jelentős káros hatást gyakorolva. Meddig lehet az emberiség gyarapodását folytatni a természet kárára? Hol a határ, és mit tanulhatunk letűnt társadalmak hibáiból? Erre keressük a választ ebben a könyvben.

A történelem során gyakran történt meg, hogy egy helyi civilizáció azért omlott össze, mert természetes környezetét túlterhelte. Mivel ma ez a túlterhelés egész Földön szinte mindenütt jellemző – természetesen más-más formában, úgy, mint erdőirtás, világtengerek elszennyeződése stb. – így a korábbi történelmi példák nemcsak azért fontosak, mert most megismételve azokat sokkal nagyobb károkat okoz magának az emberiség, hanem mert a korábbi jelekből tanulva hamarabb el lehet dönteni, hogy egy folyamat káros-e, és ha igen, mennyire előrehaladott.

1.2. Húsvét-sziget

A Húsvét-sziget a Csendes-óceán délnyugati részén helyezkedik el, területe 171 km², azaz nagyjából 4-5 budapesti kerület méretével egyező. Alig kétezer tengődő őslakost találtak a felfedezők 1722 húsvétján a kopár szigeten. Egyetlen fát, de még egyetlen három méternél magasabbra növő bokrot sem lehetett látni, a növényzet főleg fűfélékből, sásból és páfrányokból állt. Hasonlóan szegényes volt az állatvilág is. Manapság sem található egyetlen őshonos szárazföldi állat sem a rovarokon kívül, nincsenek sem denevérek, sem szárazföldi madarak, sem csigák vagy gyíkok. Egyedüli háziállat a tyúk. Az 1990-es években az alapos régészeti feltárások révén kiderült, milyen volt a sziget valaha és a leletekből megismerhettük pusztulásának megdöbbentő történetét.¹

Valóságos édenkert volt egykor a Húsvét-sziget, meleg égövi őserdővel, elsősorban óriáspálmákkal és annak igen gazdag növény- és állatvilágával. Mivel a szigeten nem éltek ragadozók, a tengeri madarak háborítatlan fészkelőhelye volt. A kutatások alapján legalább 16 fafaj élt a szigeten, köztük volt olyan pálma is, amely 20 méter magasra nőtt.² Az állatvilág változatossága is nagy volt: több tengeri madárfaj fészkel a szigeten, voltak egész évben ott élő madarak és fókák is. A szigetet a polinéz betelepülési hullám egyik utolsó lépéseként, körülbelül Kr. u. 900 körül érték el és népesítették be. A termőtalaj viszonylagos gazdagságának és a sokoldalú állatvilágnak köszönhetően a népesség gyorsan emelkedett, becslések alapján elérte a 10-15 ezer főt Kr. u. 1400 körül.³ A lakosok

¹ Diamond (2006)

² Dransfield és társai (1984)

³ Van Tilburg (1994)

termelte korai és későbbi szemétdombok vizsgálatából és a sziget felfedezésekor tapasztalt tájból az alábbi kép rajzolódik ki: a korábban ott fészkelő 25 tengeri fajból 24 nem él a szigeten, az őshonos madarak csontjai kezdetben felfedezhetőek, majd fokozatosan eltűntek és ma sincsenek jelen őshonos madarak. Kezdetben fával tüzeltek, majd egyre inkább lágyszárú növényekre álltak át. Mi történhetett a szigeten 900 és 1400 között?

Kezdetben a kevés ember jól megélt a szigeten, annak bőséges ökológiai gazdagsága miatt. Eleinte a sziget adottságaihoz alkalmazkodva éltek, fő táplálékuk a hal és a szigeten található sokféle madár volt. Mivel a parti vizekben nagyon kevés a hal, mert a tenger gyorsan mélyül, kint a nyílt tengeren halásztak. További eledelként a szigeten élő madarak, az ott termő gyümölcsök, a magukkal hozott polinéziai termények, valamint a tyúkok és egy különleges patkányfaj szolgáltak. Eleinte a fa főleg a fatörzsből kivájt csónakok készítéséhez, épületfának és tűzifának kellett. Terményeiket a pálmafák közötti területeken nevelték, a pálmák védték a talajt a pusztulástól, óvták a kiszáradástól és fenntartották a termékenységet.

Virágkorában a szigeten 10-20 000 ember élhetett. Nem egyik napról a másikra következett be a pusztulás, ami nagyrészt a differenciálódott társadalom megszületésének, az abból fakadó vallási mítoszoknak és a sziget területén osztozó tizenegy klán versengésének volt köszönhető. A klánok vallási hiedelmei közé tartozott a vulkanikus kőzetből kifaragott kőszobrok, az ahuk tisztelete, amelyeket rituális okokból a parton kellett felállítani. 10-20 méter magasak is voltak közöttük, a legnagyobb 270 tonnát nyom. Ezeket a kőbányától a tengerpartig sokszor csaknem tíz kilométer távolságra kellett szállítaniuk. Pálmafák törzsein görgetve, kötelekkel húzták őket. Az őslakók elmondása szerint a vontatáshoz 70 felnőtt összehangolt munkájára volt szükség; köteleket egy, a szigeten őshonos fa rostjaiból csináltak. Nagyjából 900 szobrot készítettek, ezek közül négyszázat már nem tudtak felállítani. Otthagyták őket a kőbányákban, vagy szállításuk maradt abba. A felfedezők, mint már írtuk, nem találtak egyetlen fát sem a szigeten. A leletekből, egyéb kutatásokból és a szigetlakók mondáiból az a kép rajzolódik ki, hogy a kevés számú első telepes a szinte paradicsomi körülményekből indulva egy összetett társadalmat hozott létre, miközben nagyméretű hajókat építve a sziget környékén halászott. A növekvő népesség hatására művelésbe vonták a sziget egyre nagyobb részét, miközben a főzéshez, a hajóépítéshez és a jólét miatt felvirágzott vallási kultusz kielégítéséhez (amely a legendás és közismert kőszobrok mozgatásához kapcsolódott), egyre több fát irtottak ki a szigeten.

Nagyon valószínű, hogy mivel 1200-1600 között készült a kőszobrok keletkezésének többsége (az utolsót a szájhagyomány szerint 1680-ban faragták ki) és a fák tömeges kivágása is erre a korra tehető. 1280 körül kezdték a görgetéshez használt pálmák nagybani irtását. Kiszedték a fák tövét is és a maradékokat felégették. 1450 tájt az egyébként kétezer évig is eléő óriás pálmafajta végleg eltűnt és 1650-re valamennyi fás szárú növény kiveszett a szigetről. Főképpen a vontatáskor útjukba eső terület letarolásával pusztíthatták el az őserdőt. Ezután fa hiányában száraz sással, fűvel gyújtottak tüzet a főzéshez, és nem tudtak többé csónakokat készíteni. Ettől fogva az étrendből hiányoztak a nyílt tengeren fogott halak és delfinek, amelyek addig a fő fehérjeforrások voltak. Kiveszett az összes őshonos szárazföldi madár, eltűnt a tengeri szárnyasok jó része is.

Ezután földművelésből éltek. A fehérjepótlásról gyakorlatilag patkány és tyúkhús fogyasztása gondoskodott. Míg a szigeten lehetett madarat fogni, illetve voltak fák és így halászcsonakok is, a tyúk szerepe jelentéktelen volt, a fák kivágása után azonban felértékelődött.

Ám az erdők irtása miatt a hőség, szárazság, eső és szél gyorsan pusztította a talajt, a szigetlakók *kőmulcsozással* küzdöttek az erózió ellen. Több milliárd követ hordtak a domboldalakra, hogy megakadályozzák a lemosódást, de a föld egyre soványabban termett; éhínség kezdődött. Kőből erősített, úgy két méter magas falú tyúkólakat kezdtek építeni, miközben ők maguk ezeknél kisebb házakban laktak. Lázadások törtek ki, elsöpörték a vezető rétegeket, a törzsfőket és a papságot. Felbomlott a rend, a nagycsaládok egymásnak estek, tombolt az erőszak. Sokan jobban védhető barlangokba költöztek. Éhségükben megették mindent, amit lehetett, ráfanyalodtak az emberevésre is.

Vannak a Csendes-Óceánon olyan szigetek, ahol az emberek a természettel összhangban alakították ki életközösségüket, máshol a háború megtépázta a lakosságot, de úgy tűnik, hogy nem szükségszerű, hogy egy emberi közösség elpusztítsa önmagát.

Mai szemmel nézve a Húsvét-sziget társadalmja jóval fejlettebb volt, mint más, a természettel összhangban élő szigetlakó társadalom. Magasabb szintű volt a munkamegosztás, az emberek jóval többet dolgoztak, mint egy ma fejletlennek nevezett szigeten. Míg ott csak magának és családjának halászott valaki, addig a húsvét-szigeti halásznak fogni kellett a kőfejtőknek, kőfaragóknak, kötélverőknek, vontatóknak, a szoborállítóknak és a vezetőknek is. Így a társadalmi össztermék, a GDP is sokszorosa volt annak, mint a természetnek megfelelően élő társadalmaké. Mégis, a fejlettség ára az összeomlás lett. Nem ismerünk más olyan társadalmat, ahol a természettel való küzdelem ennyire drámai következményekkel járt volna. Megdöbbentő, hogy nagyjából egy időben hagyták abba a szobrokkal kapcsolatos munkákat, azaz folytatták a munkát az utolsó pálmafáig. Vezetőik tekintélyükre, kényelmükre és vagyonukra gondolva valószínűleg nem merték időben elismerni, hogy már régóta tévúton vezetik a népet. A korábban bevált recept, miszerint a népet elkápráztató építkezések természetfeletti haszna a sziget jólétének oka, nagyon nehezen koptak ki a köztudatból, mert évszázadokig sikeres mintát jelentettek.⁴ Az egyszerű emberek a munkájukat, társadalmi pozíciójukat félthették. Ha nem kell többé kőfaragó, vontató, felállító, miből élnek? Egyszerű lett volna a válasz: Amennyiben még maradt fa, jóval kevesebbet dolgozva halászott, gazdálkodott volna mindenki és alacsonyabb, de biztos színvonalon megélhettek volna. Nemcsak utódaikat, hanem a természetet is tönkretették a szoborállító, csak önmagukkal törődő, magukat felmagasztaló, ugyan nagyon okos és művelt, ám felelőtlen emberek, vezetők. A hasonlóság, amely az emberiség egészének helyzete és a szoboremelések fénykorának végéhez érő Húsvét-sziget között fellelhető, aggasztó.

1.3. Vikingek – Izland és Grönland

A vikingek az észak-atlanti térség első európai felfedezői. Két szigeten, Izlandon és Grönlandon is ők hozták létre európai kolóniákat, de eljutottak Észak-Amerikába is. Grönlandi telepük 450 év után összeomlott, az izlandi majdnem hasonló sorsra jutott, de mára a világ egyik legfejlettebb országává vált. A hibák, amelyeket mindkét helyen elkövettek az európai keresztény értékrendet követve, nem ugyanoda vezettek. Grönland végül elnéptelenedett és csak a modern időkben lett újra lakott, Izlandon azonban végig megmaradtak a vikingek utódai. A módszer ugyanaz volt, ezért a körülményekben kell keresnünk a különbséget. Milyen folyamatok játszódtak le Grönlandon és Izlandon?

Izlandra Kr. u. 870, Grönland déli részére 900 körül jutottak el a vikingek. Grönland északi részét már eszkimók lakták korábban is, de azt hozzá kell tenni, hogy többször is elhagyták Grönlandot, mert a sziget éghajlata a legutóbbi 8000 évben többször változott hidegebbre, ilyenkor nem alkalmas a tartós letelepedésre a vidék. A vikingek érkezése időszakában az északi félteke éghajlata egy kicsit melegebb volt a korábbihoz képest (nagyjából a jelenlegi éghajlattal egyezett meg), így a vikingek akadálytalanul jutottak el a két szigetre, nem zavarták jéghegyek nyári útjaikat.

A középkorban, körülbelül 900 és 1400 között a maihoz hasonló, a sokévi átlaghoz képest melegebb időszak köszöntött Európára. Ezt kis felmelegedésnek, vagy középkori meleg periódusnak nevezik a kutatók. Azok a népszerű legendák, amelyek szerint Angliában szőlőt természetek tömegesen, vagy, hogy egész Grönland zöld lett volna, természetesen nem helytállóak. A mai helyzethez hasonlóan Anglia néhány védett völgyében valóban volt lehetőség déli fekvésű domboldalakon szőlőtermesztésre, illetve Grönland néhány védett fjordja valóban zöld rétekekkel és kisméretű erdőkkel volt borított, de

⁴ Diamond (2006) 117.

ez nem jelenti azt, hogy egészében igazak lennének a legendák. (Grönland zöld voltát Vörös Erik terjesztette el, hogy növekedjen a telepések száma.)⁵

Az európai államok egyre felkészültebben verték vissza a kezdetben portyázásból élő vikingek támadásait, így a kalandozások helyett egyre konszolidáltabb államalakulatokat hoztak létre Skandináviában és Észak-Európában. Az ott működő mezőgazdasági modellt igyekeztek átültetni a gyakorlatba Izlandon és Grönlandon is. Skandinávia csapadékos, hűvös éghajlata elsősorban a legeltető állattartásnak kedvez, azon belül is a juhokénak és a szarvasmarhákénak, hiszen a marhák számára a téli takarmányt nyáron kaszálással elő lehet állítani. Dél-Skandináviában még tartható sertés, mert téli takarmánya (gabonafélék, erdei makk) még megterem, északabbra azonban nem.

A feudális társadalomban általában is igaz volt, így a vikingek körében is, hogy az előjárók, nemesek és a papság életmódjához inkább hozzátartozott a nagy testű háziállatok, szarvasmarhák és sertések, valamint lovak tartása. Ezek a státuszszimbólumnak számító állatok azonban sok takarmányt igényelnek és az időjárás szélsőségeit kevésbé tolerálják.⁶ A hozott kulturális minta azonban olyan erős volt, hogy nem meglepő módon a viking telepések a juhokra és a szarvasmarha-tartásra épülő legeltető állattartást tartották célravezetőnek Izlandon és Grönlandon. Megérkezésükkor az otthonihoz hasonló tájjal szembesültek: ligetes erdőségek és dús fűvű legelők látványa fogadta őket Izlandon és Grönland védett fjordjaiban is. Az izlandi erdők kiirtásával termékeny legelőkhöz jutottak, ahol pedig nem volt erdő, dús réteken kezdhették a legeltetést. A Golf-áramlat fűtő hatása érvényesült, és a középkori meleg periódus lehetővé tette a sikeres állattartást, volt elegendő széna télire. Azonban a talaj Izlandon gyorsan lepusztítható és nagyon lassan képződik,⁷ így a legeltetés és a kaszálás hamar az összeomlás szélére juttatta az itteni telepéseket, mert a talajt, mint erőforrást gyorsan kimerítették és túlhasználták. Amikor minderre rádöbentek, korlátozni kezdték a talaj eróziójához vezető okokat, így csökkentették a legeltethető állatok számát és a legeltetés kezdetének időpontját későbbre tették, hogy a fű kellően megerősödhessen és az erózióknak útját állja. A talaj védelmét a mai napig fontosnak tartják, így a regenerálódás ma is tart. Izland népessége, bár éhezett, de nem halt ki.⁸

Grönlandon azonban néhány körülmény különbözött Izlandtól. Ez a sziget még északabbra található, így még rövidebb a tenyészidőszak, illetve a tél még hidegebb és hosszabb. Vannak évek, amikor gyakorlatilag annyira nedves a nyár, hogy nem lehet a szénát megszáritani és begyűjteni, ilyenkor a tél során gyakran levágják az állatokat, hogy azok éhen ne haljanak. Azonban a szarvasmarhákat, juhokat általában nem húskért, hanem tejükért tartották, így ilyenkor a tél végére nem ritkán elpusztult a család is, amelyhez a tehén tartozott.

Ráadásul, Izlanddal ellentétben itt éltek eszkimók is, akikkel kezdettől fogva ellenséges volt a viszonya a viking telepéseknek. Az eszkimók a sziget északabbi részén éltek, ahova a vikingek vadászni jártak egy-egy értékes rozmáragyarért, vagy jegesmedvebőrért. Az összeütközés elkerülhetetlen volt. Azonban mindennek nem kellett volna feltétlen így történnie. Az eszkimók gyakorlatilag csak vadászatból éltek, így az időjárás viszontagságai kevésbé érték őket készületlenül, mert nem függtek például a széna mennyiségétől. A vikingek azonban nem voltak hajlandók tanulni az eszkimók mintájából és eltolni a megélhetésük súlyát a vadászat felé, pedig így esélyük lett volna a túlélésre. Ez az átállás nem történt meg, feltehetően azért, mert a keresztény vikingek magasabb rendűnek gondolták magukat az eszkimóknál.

Grönland egyes részein, nevéhez méltóan valóban voltak – főképp a középkori meleg periódus alatt – dús fűvel, zuzmóval és mohával borított részek egy-egy fjord belsejében. Az időjárás azonban annyira szeszélyes volt még akkor is, hogy a mezőgazdaságra majdnem alkalmatlan volt. A középkori meleg periódusban egy grönlandi kolónia fennmaradt, de 1300 körül elkezdődött az a lehűlés, ami a kis

⁵ Fagan (2012).

⁶ Diamond (2006).

⁷ A szétszóródó vulkáni hamu alkotja a talajt, amelyet a növényzet aztán megköt. A túllegeltetés és túlzott kaszálás eltünteti a növénytakarót, így nincs, ami megkösse a vulkáni hamut.

⁸ Diamond (2006).

jégkorszak néven ismert⁹ periódust vezette be. Ez gyakorlatilag lehetlenné tette, hogy az egyébként is változékony, rövid nyár idején megtermeljék a télire való szénát is. Ráadásul nem nagyon tudtak lemondani a státuszszimbólumnak tekinthető szarvasmarha-tartásról, pedig a legeltethető állatok közül ez a legkényesebb, azonban az időjárási körülmények egyre inkább csak a juh- és kecsketartást tették lehetővé. Egyetlen tehén tartása is egész nyári lekötöttséget jelentett gazdájának, mert a tél hosszabb volt, több szénát kellett előállítani, rossz időjárási körülmények között. A legeltetés talajerózióhoz vezetett, a kevés erdő kiirtása is kedvezőtlen folyamatokat indított el (fahiány a fűtés és építkezések miatt).

A kézenfekvő halfogyasztás – talán a romlásra könnyen hajlamos halhústól kapott betegségek hatására – nem volt jellemző. A foka- és rénszarvasvadászat igen, de nem akkora mennyiségben, hogy a túlélést lehetővé tette volna (Diamond, 2006). A grönlandi telepeket 1500 körül elhagyták vagy lakóik elpusztultak.

1.4. Diamond szempontrendszere – az Asszuáni Gát

1.4.1. A rossz döntések háttere, szempontok

A fenti két eset (Húsvét-sziget, vikingek), és további példák segítségével Diamond (2006) megalkotott egy öt pontból álló kritériumrendszert, amely segít annak feltárásában, hogy az adott társadalom összeomlását mi okozta.

1. A környezet elpusztítása. Ennek kétféle oka lehet alapvetően, az egyik az óvatlanság, a másik a környezet megszokottnál nagyobb sérülékenysége – e két ok nem feltétlenül független egymástól.
2. Az éghajlat változása. Például 1815-ben kitört a Tambora nevű vulkán és hirtelen úgy megváltozott az időjárás, hogy a következő évben elmaradt a nyár, szűkösséghez vezetve Európában és Észak-Amerikában (Rubicon Online).¹⁰ Előfordult olyan éghajlati változás, amely lassabban következett be, ilyen volt a kis jégkorszak a középkorban, amely – mint már leírtuk - megszüntette a grönlandi viking kolóniákat.
3. Erős, ellenséges szándékú szomszédos nép jelenléte. Ilyenek voltak az ókori Róma szempontjából a germánok, vagy a népvándorlás törzsei.
4. Barátságos szomszéd nép csökkenő hatása. Amikor már a nyári hónapok is jéghegyeket hoztak és gyakoribbá váltak a viharok Skandinávia és Grönland között, egyre kevesebb hajó tudott útra kelni és árut vinni Grönlandra. Így lazult a kapcsolat az anyaországgal, ezzel is hozzájárulva a grönlandi kolóniák eltűnéséhez.
5. A társadalmi válasz hiánya, elkésett, vagy elégtelen volta.
6. A fenti öt szempontot kivetíthetjük mind a Húsvét-sziget, mind Izland és Grönland esetére, és könnyebben érthetővé válik, hogy mi történt.

⁹ Az 1400-as évektől 1700-as évekig tartó, az átlagosnál hidegebb teleket és hűvösebb nyarakat eredményező éghajlatot nevezik kis jégkorszaknak. Két érdekes példa: a befagyott Temzén gyakran tartottak vásárt ebben az időszakban, Mátyást pedig a Duna jégén választották királlyá.

¹⁰ Lásd: http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/az_ev_amikor_vulkankitores_miatt_maradt_el_a_nyar (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

1. táblázat: Diamond szempontjainak alkalmazása

	Környezet pusztulása: óvatlanság	Környezet pusztulása: sérülé-kenység	Éghajlat-változás	Erős ellenséges nép	Gyengülő baráti nép	Társadalmi válasz hiánya
Húsvét-sziget	Jellemző: erdőirtás	Jellemző: érzékeny szubtrópusi erdők	Nem jellemző	Nem jellemző	Nem jellemző	Jellemző: a vezetők a szobrokkal voltak elfoglalva
Izland	Jellemző: túlleltetés, erózió	Jellemző: sérülékeny talajok	Jellemző: a kis jégkorszak beköszönte	Nem jellemző	Nem jellemző	Nem jellemző: meghozták a megfelelő döntést
Grönland	Jellemző: túlleltetés, erózió	Jellemző: sérülékeny talajok	Jellemző: a kis jégkorszak beköszönte	Jellemző: eszkimó szomszédság	Jellemző: nehezebb hajózás Skandináviába	Jellemző: nem vették a át az eszkimó mintát

Forrás: Saját szerkesztés

1.4.2. Kidolgozandó példa: az asszuáni gát

Egyiptom a Nílus ajándéka, ezt már Hérodotosz is leírta. A Nílus folyó, amely Etiópiában ered, minden évben, amikor a monszun beköszönt – jellemzően nyár végén – megárad és az áradás során előnti Alsó-Egyiptomot, lerakja hordalékát, ami pótolja a talaj szervesanyag-veszteségét. Egészen az ókortól máig erre az áradásra épült Egyiptom mezőgazdasága, mert a késő nyári áradás nem veszélyeztette a hagyományosan termelt árpa és búza termését. Egyiptomban – hasonlóan a többi folyómenti társadalomhoz – öntözőcsatornák létesültek a biztosabb termés elérésére, de az évről évre bekövetkező áradás megmentette a talajt a szikesedéstől, ami egyébként az öntözés velejárója. Akkor van csak probléma, amikor Etiópiában gyenge a monszun és a Nílus áradása sekély, ezt „sekély Nílus”-nak hívják. Ilyenkor gyakoriak voltak az éhínségek Egyiptomban. Valószínű, hogy a bibliai József történetében szereplő hét szűk esztendő is ilyen éveket jelent.

Egészen addig, amíg a gyapot és a kukorica termesztése nem terjedt el, a rendszer jól működött. Azonban e két ipari növény meghonosodása több öntözővizet és az áradás lehetőség szerinti teljes kiküszöbölését igényelte volna, illetve az egyenletes, ingadozásmentes vízellátás lehetőségét. Már az 1860-as években megpróbálkoztak gátak építésével Asszuán környékén, de az akkori technológia még nem volt alkalmas nagyobb műtárgyak építésére. Amikor Egyiptom brit domínium lett, ismét felvetődött a gát építésének gondolata, rövidesen elkészült az asszuáni gát, ami a Nílus áradásának egyötödét képes volt megtartani, azonban a nagyobb árhullámokat át kellett engedni ezen a gáton, mert különben átcsapott volna rajta és a hordalék a gát mögött maradván a további működést lehetetlenítette volna el.

A britek, miután Szudán és a Nílus felső folyása is gyarmataik közé tartozott (a forrás nem, az Etiópiában van), inkább itt, a hűvösebb Etióp-magasföld szélén terveztek egy nagyobb gátat, hiszen itt a párolgási veszteség alacsonyabb, mint Egyiptomban. Azonban Egyiptomban, függetlenségének kivívása után nem sokkal nacionalista katonai csoport került uralomra, Nasszer ezredes vezetésével, aki, miután összekülönbözött a Szezi-csatorna kérdésén a britekkel és a franciákkal, a Szovjetunió felé fordult. A szovjet vízerőművek csodálattal töltötték el Nasszert, aki, miután elfordult a britektől, hallani sem akart egy, az országon kívüli gát építéséről. A szovjet mintát akarta Egyiptomban valóra váltani, azaz az olcsó vízenergiából nyert árammal modern országgá tenni hazáját, illetve a szabályozott vízkormányzással megteremti a Nílus alsó folyása mentén a gyapot és a kukorica termesztésére ideális feltételeket.

A terv kivitelezésével a szovjet Zsuk Hidroprojekt vállalatot bízták meg, a gát 1971-ben készült el. A gát mögött lévő Nasszer-tó 150 km³ vizet tárol, ez a Nílus 2-3 évi hozamának felel meg, csakhogy ez a világ párolgásnak legjobban kitett területe. A maga 5250 km² területével és évi átlagos 7,5 mm/nap párolgásával évente 2,7 m³ víz párolog el minden négyzetméterről, ez nagyjából 15 km³ víz évente, a teljes tó tizede.¹¹

Az erőmű a hozzá fűzött elvárásoknak majdnem teljesen megfelelt: Egyiptom áramtermelésének még ma is körülbelül 30%-át adja, amikor az ország lakossága 35 millióról (1969) 95 millió före nőtt. Továbbá meggátolja a nagy vízjáték kialakulását a Nílus alsó folyása mentén, így lehetővé téve a gyapot és a kukorica termesztését.

Csakhogy a korábban kiáradó szerves anyag 98%-a most a gát mögött marad, megfosztva az alsó folyást a legjobb szervesanyagtól, ami ráadásul ingyen érkezett korábban. Jelenleg mind a kukorica, mind a gyapot termesztéséhez műtrágyát használnak, amelynek felhasználása megötszöröződött Egyiptomban 1960 óta.¹² Az öntözés továbbra is fennmaradt, így a szikesezés – áradás híján – egyre komolyabb gondot jelent. A folyó vízjátékának hiányában fizikai és ökológiai változások indultak el, ám a jelen írás keretei csak néhányat engednek felsorolni:

- A Nílus-delta hordalék hiányában elkezdett erodálódni, és a part hátrál visszafelé.¹³
- A kevesebb édesvíz-utánpótlás miatt a Földközi-tenger keleti medencéje sósabb lett, bizonyos halfajok száma visszaszorult, nehézséget okozva a halászatnak.¹⁴
- A szardínia- és garnélahalászat a hordalék hiányában zsugorodó táplálékláncok áldozatává vált.¹⁵
- A sósabb Vörös-tengerből eddig nem tudtak átjutni az ott élő tengeri élőlények a kevésbé sós vizű Földközi-tengerbe, de ez az akadály elhárult.¹⁶
- Az alsó folyás vizének pangása miatt elterjedt a vérmétely (amely egy a pangó vizet kedvelő növény és egy rajta élő csiga következtében terjed, a csiga terjeszti).¹⁷
- A szabályozott folyó és a zöld forradalmi elveken működő mezőgazdaság hatására Egyiptom népességgrobbanáson esett át, a víz így már nem elég, és amikor Szudán, vagy Etiópia is a Nílus vizével akarja problémáit megoldani, Egyiptom komoly politikai feszültséggel néz szembe.

Diamond társadalmak bukására kivetítve a szempontrendszerét, de a logikát alkalmazhatjuk nagy rendszerekre is, mint Egyiptom mezőgazdasága. Kimondható, hogy ez az évezredek óta jól működő mezőgazdasági rendszer összeomlott az Asszuáni gátnak köszönhetően, ami csak azért nem vezetett az egész társadalom összeomlásához, mert a globalizált világban Egyiptom sokkal több szállal kötődik már az egész világgazdasághoz.

¹¹ Hasan (2013).

¹² El – Maayar és Lange (2013).

¹³ McNeill (2011).

¹⁴ Attenborough (1989).

¹⁵ McNeill (2011).

¹⁶ Attenborough (1989).

¹⁷ McNeill (2011).

2. A MAI HELYZET: HÁBORÚ A TERMÉSZETTEL, AZ EMBERI HATÁS

2.1. Az ökológiai és gazdasági rendszerek közötti kapcsolat

A civilizáció fejlődése során kezdetben mind a nyersanyagok, mind pedig a letelepülés és növénytermesztés helyigényét szinte kizárólag a környező erdőségek kivágásával fedezte. Jelenleg az emberi hatás akkora, hogy annak legtöbb esetben, a Föld minden területén és minden nagy ökoszisztémában maradandó nyoma van (v.ö. a később ismertető Millenium Ecosystem Assessment megállapításával).

2.1.2. Iskolapéldák: a földművelés kezdetei és a mediterrán térség tájtalakítása

Az emberiség a földművelés kezdetein hagyott fel fokozatosan a gyűjtögetéssel és a vadászattal. A növénytermesztés és az állattartás olyan élelmiszer-biztonságot teremtett meg, amely korábban nem volt ismert, ugyanakkor hozzájárult az egyoldalú táplálkozáshoz és ahhoz, hogy a településeken összezárt emberek és a házasított állatok betegségei járványokat okozzanak.¹⁸ A legkedvezőbb feltételek a földműves tevékenységhez a Földön a Termékeny Félholdnak nevezett területen alakultak ki nagyjából 15 000 évvel ezelőtt, amely a mai Irak, Szíria, Jordánia, Izrael és Egyiptom területén fekszik (lásd a lenti ábrát). A mediterrán térség, a Földközi tenger medencéje az a terület, ahol az emberiség a legrégebbi civilizációkat létrehozta. Ezek kulturális öröksége máig meghatározó. Arról azonban hajlamosak vagyunk megfeledkezni, hogy a környezetre gyakorolt hatás is itt volt a legdrámaibb. Az eurázsiai kontinensen húzódik egy hosszú egybefüggő mediterrán éghajlatú terület, az Ibériai-félszigettől Kínáig, azaz itt létezik a legnagyobb kiterjedésű K-Ny-irányú térség arra, hogy a kiegyenlített éghajlati körülmények lehetővé tegyék a vadon élő növények házasítását, azaz mezőgazdasági növények nemesítését, illetve hogy állatokat házasítsanak. Ebben a térségben számos jelentős civilizáció alakult ki nagyjából egy időben: a Sumér Birodalom, Egyiptom, India és Kína. A Félhold területén eredetileg harminchárom nagy magvú fűféle volt található, míg például Mezo-Amerikában öt, amelyből adódik a lehetőség, hogy a Termékeny Félhold területén lehetett sikeresebben házasítani gabonaféléket. Továbbá itt volt jelen a legtöbb házasítható vadállat (hetvenkettő „jelöltből” tizennyolcat házasítottak, míg például Amerikában huszonnégyből csak egyet sikerült).¹⁹

¹⁸ Diamond (2007).

¹⁹ Diamond (2007) 131–176.



1. ábra: A Termékeny Félhold elhelyezkedése. Ezen a sokoldalúan tagolt tájon kezdődött a földművelés, az állatok háziiasítása körülbelül 15 ezer évvel ezelőtt, az utolsó jégkorszak után.

Forrás: <http://www.origo.hu/hirmondo/tudomany/tortenelem/20131015-torokorszag-gobekli-tepe-a-civilizacio-hajnala.html> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

A mediterrán térség eredeti növénytakaró-típusai szubtrópusi őserdő, illetve ligetes füves térségek voltak. Ezek az erdők sérülékenyebbek, mint a trópusi erdőségek, ahol az erdő kivágása után az új fák gyorsan, évente akár három-négy métert is nőnek. A szubtrópusi térségben mások a csapadékviszonyok és emiatt sérülékenyebbek az erdők. A szubtrópusi övben, így a Termékeny Félhold területén is két évszak jellemző: a száraz és a nedves. A fák kivágása (épületek, tüzelő, háborúk, helyigény), a helyükön keletkezett tisztások szántóföldde alakítása, művelése vagy legeltetése csökkenti a vízmegtartás képességét a rendszerben, mivel nincs árnyék és hiányzik a többszintű növényzet vízmegkötő hatása. A művelés vagy a legeltetés esélyt sem ad az erdő megújulásának. Az első földművelő társadalmak összeomlását Kr. e. 5000 körül valószínűleg az erdők eltüntetése, az ebből fakadó relatív vízhiány és a termőföld gyors kimerülése okozta, összefüggésben a felszaporodó szárazságokkal. Éppen e folyamat irányának megfordítására született az első civilizációs vívmány, az öntözéses földművelés. Ennek előnyös volta azonnal megmutatkozott, és gyorsan elterjedt. Azonban, bár a vízhiányt pótolta az eljárás, egy komoly hosszú távú hátránnyal járt: a hegyekből érkező folyók vize általában oldott ásványi anyagokban gazdag volt, így a földről elpárologva az oldott sók kicsapódtak a talajon, amely szikesedést okozott. Az egykori Mezopotámia területe így vált évszázadok alatt terméketlen szikes sivataggá, amelyben a természetes rendszer nem képes regenerálódni, bár az öntözés ma is fontos szerepet játszik Irakban – ehhez hozzájárult az éghajlat melegebbre és szárazabbra fordulása is.²⁰

A Földközi-tenger medencéjében az őshonos erdőségek eltűnéséről főleg a földművelés, a nagy birodalmak háborúi, és a hajóépítések tehetnek. A tengert körülvevő területeken sok helyütt található olyan dombok vagy hegyek, amelyekről az erdők kivágása után akadálytalanul tüntette

²⁰ Bővebben: Molnár (2009) 25–41.

el a termőtalajt az erózió. Ilyen kopár hegyeket találunk az Ibériai-félszigeten, az Appenninekben, a Dinári-hegységben, a Pontuszi-hegységben stb. Már Platón is így írt erről a jelenségről:

„...hosszú idő után Attika földje – mely valamikor annyira termékeny volt – az erdőpusztítás következtében tönkrement: gyakoriak lettek az áradások, a magasban fekvő területekről a téli eső lemosta a talajt, s az onnan eltűnt. (...) A régi szép időkben a föld romlatlan volt, talaj borította a hegyek magasabb részeit is, s amit mi bozótosnak hívunk, gazdagon borította a földet. Bőven volt erdő a hegyekben, de ennek már alig látni nyomát. Némelyik hegységünk csak méheket tud eltartani; nem is olyan régen még ezekből a hegységekből származtak legnagyobb épületeink tetőgerendái, s ezek a gerendák még mindig a helyükön vannak. És voltak sok egyéb, gondozott, magas fák, melyek élelmet adtak a rengeteg jószágoknak.”²¹

A görög hajózás, a Római Birodalom kereskedelme, a folytonos háborúk már az ókor végére kopár vidékké tették Kis-Ázsiát és az afrikai partokat. A Római Birodalom éléskamrájának tartott Észak-Afrika is ekkor vált alkalmatlanná búzatermesztésre. Ennek oka részben a sivatag terjeszkedése, a túlságosan nagy vízkivétel a kutakból, amely elvezetett azok kiszáradásához, valamint a melegedő éghajlat és a fák kivágása. A végső csapást az erdőkre a mediterrán térségben a középkor hozta el. A Velencei Köztársaság a középkor végére lehanyatlott, közvetlenül ezelőtt azonban még utolsó nagy háborúját vívta az Oszmán Birodalom ellen. Az 1571-es lepantói tengeri ütközetben legyőzte a török hajóhadat, de a két flottilla megépítése kimerítette a mediterrán térség erdőit: a két oldal flottájának gyártásához negyedmillió fát kellett kivágni. Ezután gyakorlatilag nem maradt hajóépítésre alkalmas fa a Földközi-tengeren, a hajóépítés előbb a spanyolok, portugálok, majd később a Hanza-városok kezébe tevődött át és ezzel megszűnt Velence vezető szerepe Dél-Európában. Új hajós nemzetek bukkantak fel, amelyek gyarmatosították a világ Európán kívüli részét: a spanyolok, az angolok, a franciák és a hollandok.²² Az Ibériai-félsziget erdősegeit a merinó juh tartása tette tönkre, amely Spanyolország egyik fontos bevétele volt. A Balkán és a Közel-Kelet hasonlóan káros legelőn tartott állata pedig a kecske.

Összefoglalásul elmondhatjuk, hogy a mediterrán térségben zajló történelmi események, a nagy birodalmak tájra gyakorolt hatása mára eltüntette a térség őshonos növényzetének túlnyomó részét. A görög és római hajóépítés, a tűzifaigény, Velence városának tartógerendái, a merinó juh elterjedése az Ibériai-félszigeten, a keresztes háborúk ostromgépeinek faigénye és a szegény ember tehene, a kecske elterjedése mind hozzájárult, hogy a táj meghatározó eleme, a szubtrópusi erdő eltűnt.

2.1.3. Földéhség, mint az erdőirtás további oka

Az Észak-Amerikában és az orosz sztyeppéken lezajlott szűzföld-feltörések, a mérsékelt övi és trópusi erdők máig tartó irtása, valamint a szántók, városok, utak, gyárak által igényelt terület növekedése elfoglalta a helyet a természetes rendszerektől, amelyek ma már csak foltokban, csökkent populációval és fajgazdagságban léteznek. Jelenleg a legnagyobb mértékű őserdőirtás az indonéz szigetvilágban és Dél-Amerikában történik. Az előbbi oka a pálmaolaj-ültetvények helyigénye, és a pálmaolaj iránti növekvő igény (élelmiszer-ipar és bio-üzemanyag céljából), az utóbbi oka, hogy Dél-Amerika egyre több szarvasmarha- és GMO-fehérjenövény exportál, amelyhez növekvő legelő- és vetésterületre van szüksége. A megmaradt erdőségeknek csak körülbelül 15%-a érintetlen, a többi már magán viseli az emberi tevékenység nyomát.

A fatelepítésekkel létrehozott faültetvények ökológiai hatásukat tekintve nem érik el az erdők által nyújtott kedvező szolgáltatásokat, például vízmegkötő képességük, aljnövényzetük, humuszképző

²¹ Platón: Kritiász.

²² Attenborough (1989).

hatásuk nem éri el az erdőkét, vagy például vízigény tekintetében éppen ellenkező hatásúak.²³ Fajgazdagságuk is elmarad attól, így meglévő erdeinkre vigyázni sokkal egyszerűbb és könnyebb feladat, mint faültetvényekkel pótolni a régi erdőket; bár ez is megoldható, lásd a Las Gaviotas-ról írottakat a tananyagban.

A következő táblázat foglalja össze az erdő előnyeit a faültetvényekkel szemben.

2. táblázat: Az erdő előnyei a faültetvénnel szemben

Kedvező hatás	Mit segít	Hogyan működik
Vízmegetartás	Tavaszi árvizek felszívását, nyári szárazság enyhítését, éghajlati szélsőségek enyhítését	A szerkezetes talaj és a fák vízbőség idején szivacsként működnek, nyáron a leveleken át párolog a víz
Humuszképződés	A fajgazdagság fenntartását	A korhadó növényi és állati maradványok lebomlásával
Önszabályozó élőhely	A fajgazdagság fenntartását	A külső körülményeket megfelelő intervallumban tartja (például párologtatással hűt)

Forrás: Saját szerkesztés

A mai Magyarország területének erdősültsége a történelem előtti időkben 85% körüli volt, a honfoglalás környékére – főként a pannóniai erdőirtások miatt – 60%-ra csökkent, ma pedig 21%.²⁴ Ennek azonban jó része nem természetes erdő, hanem ökológiai jellegét tekintve faültetvény.

2.1.4. Fajkihalás

A fajok kihalásának egyik mozgatórugója kezdetben a vadászat volt. Például az amerikai kontinensen teljesen kipusztult a vadon élő ló, jóval később az európaiak vitték be újra a kontinensre. Hasonló történet játszódott le a déli féltekén a röpképtelen madarakkal, így például a dodóval és az emuval. Manapság a fajkihalás már nem csak a vadászat, hanem az élőhelyek pusztulása miatt is történik. A teljesség igénye nélkül: az emberi tevékenység a kihalás szélére sodorta a legtöbb nagy testű ragadozót, de az óceánok savasodása miatt az összeomlás szélén áll a Nagy Korallzátony Ausztrália partjainál, a túlhalászat miatt egyre több tengeri ökoszisztéma degradálódott véglegesen, a 19. század végére csaknem kiirtották a bálnákat a zsírukért, amiből világítóolaj készült. Az őserdők pusztítása számos, csak ott található emlős, madár, rovar stb. kipusztulását eredményezte, és eredményezheti a jövőben is.

A későbbiekben látni fogjuk (a bolygó korlátairól írott részletesebb fejezetben), hogy jelenleg az egyik legnagyobb problémát a fajok kihalása idézi elő a Földön, amelynek megállítása egyáltalán nem lesz könnyű, ha sikerül egyáltalán.

²³ Báder (2006).

²⁴ Bartha (2003) 19. és Molnár (2009).

2.2. A bolygó korlátai

A társadalom a Földre mint erőforrások tárházára, nyersanyagok forrására és hulladékok feldolgozójára van utalva. Ennek következtében az emberiség különféle nyersanyagokat vesz el a Földtől, és hulladékokat bocsát ki a természetbe, miközben egyre nagyobb területeken alakítja át a természetes tájat, sokszor úgy, hogy a beavatkozásainak hosszú távú hatásaival nincs tisztában. Az emberiség létszáma a különböző találmányoknak köszönhetően gyorsan növekedett az elmúlt évezredekben. A népesség, illetve a fejlettebb régiók fejenkénti fogyasztási igényeinek gyors növekedése miatt a bolygóra gyakorolt hatás is egyre növekedett. Jelenleg 7,6 milliárd ember él a Földön. Anyaghasználatát és összes élőtömegét tekintve az emberiség és háziállatai ma már a Föld meghatározó élőlényei. Bár az ember csak egyetlen faj a Föld több, mint 8 millió egyéb növény- és állatfaja mellett,²⁵ anyagfelhasználása összemérhető a természetével. 2013-ban az emberiség 85 milliárd tonna nyersanyagot használt fel, azaz fejenként körülbelül 10 tonnát, a testtömegének durván 140-szeresét. Eközben a Föld eltartóképessége a természet károsítása miatt gyorsuló ütemben csökken, és az emberiség számossága tekintetben elérte, vagy meghaladta a bolygó természetes korlátait.

Az elmúlt 12 ezer évben az ember eltüntette a szárazföldön élő gerincesek nagy részét, mind számukat, mind fajukat tekintve; manapság annyi házi- és haszonállatot tart, hogy azok összsúlya körülbelül hétszer nagyobb a 10 ezer évvel ezelőtt élt gerinces vadállatokénál. Feltehető, hogy a vadállatok 10 ezer évvel ezelőtti összes tömege jól jelzi a Föld eltartóképességét, amely a mai emberiség és háziállatai halmaz tömegének a heted része.²⁶

Amikor egy növekedésben lévő rendszer kilép szabályozóinak hatása alól, képes arra, hogy időszakilag túlhaladja az adott ökoszisztéma rá vonatkozó eltartóképességének határát. A természetes rendszerekben ritkán történik ilyen esemény.²⁷ Az emberi társadalom a természet ellenében fogalmazza meg magát, amint arra számos szerző rámutatott.²⁸ A természet visszacsatoló mechanizmusai az emberiség esetén alig hatnak, mindent megteszünk kiküszöbölésükre. Ezen erőfeszítéseknek köszönhetően közel 7,6 milliárd ember él a Földön, és hatása egyre nagyobb teher a bolygóra nézve. Azt, hogy az emberiség sokkal több nyersanyagot használ, és sokkal nagyobb arányban avatkozik be az ökoszisztémába, mint amit az ökoszisztéma regenerálódó képessége lehetővé tene, túllövésnek nevezzük. A globális emberi fogyasztás görbéje átlépte az elérhető biokapacitás, vagyis a Föld hosszú távú eltartóképességének görbét, túllőtt rajta. Más szavakkal: az emberiség (már a nyolcvanas évek óta!) évente több természeti erőforrást használ fel, mint amennyi a Föld megújuló természeti tőkéjének éves „kamata”, hozama. A jelenlegi állapotban nemcsak a nyersanyagokat használjuk túl, illetve a hulladékot feldolgozó nyelők vannak túlterhelve, hanem olyan degradációs folyamatok működnek, amelyek sebessége sokszorosa a javító és helyreállító folyamatoknak. Néhány példa:

1. A termőtalaj pusztulása olyan mértékű, hogy az intenzív művelést folytató területeken egy nagyságrenddel gyorsabban pusztul, mint ahogy termelődik.²⁹ A „zöld forradalom” kíméletlen technikai és agrokémiai módszerei tovább gyorsítják a termőtalaj pusztulását. Az intenzív talajművelés együtt jár a termőföldek fokozódó fogyásával. Az egyre mélyebb szántás miatt jobban megbolygatott talaj tulajdonságai fokozatosan rosszabbodnak, szervesanyag-tartalma elfogy. Nemcsak a talaj mennyisége fogy, rohamosan romlik a minősége is a sokszori talajművelés miatt, amely megakadályozza a szerkezetesség kialakulását.

²⁵ A Földön élő eukarióta (valódi sejtmaggal rendelkező sejtekből álló) fajok számát 8,7 millióra becsülik a kutatók. Mora et al. (2011) és PLoS Biol (2011) 9.

²⁶ Smil (2012).

²⁷ A legnevezetesebb ilyen példa a Szent Máté-sziget rénszarvasainak esete. A szigetre 1994-ben huszonkilenc rénszarvast telepítettek, ahol nem volt természetes ellenségük. 1965 telére hatezerre szaporodott a számuk, de közben elfogyott az élelemül szolgáló zuzmó. A tavaszt negyvenkettő állat érte meg; a rendszer összeomlott. Klein (1968).

²⁸ Például: Molnár (2009).

²⁹ Végh és társai (2009).

2. A nagyjából hetven éve zajló, olcsó erőforrásokra épülő mezőgazdaságban az öntözés jelentős teret nyert, ennek eredményeként a talajvíz szintje erőteljesen csökken. Az öntözéshez használt édesvízből nincs elég. Világszerte, így az Egyesült Államokban is az öntözés mértéke miatt a vízáadó rétegekben lévő víz mennyisége erősen apad és emiatt egyre mélyebb kutakat kell fúrni.³⁰ Az USGS³¹ adatai szerint az USA nyolc állama, köztük Kansas, Oklahoma, Texas alatti hatalmas földalatti víztartó rétegben, az úgynevezett Ogallala rezervoárban a hatvan éve tartó fokozottabb öntözés miatt a vízszint aggasztóan esett. Az 1980 és 1995 közötti adatok alapján évente átlagosan 90 centiméternyit csökken.³² 1950 óta elhasználták a talajvíz harmadát. Peking térségében a talajvíz évente körülbelül 1 méternyit, Tiencsinben évi 4,4 métert apad. Az emberiség által felhasznált víz 70%-a öntözővíz.

A második ezredforduló környékén több átfogó vizsgálat vette kezdetét, amelyek közös célja volt kideríteni, mekkora kárt okozott az ember a földi ökoszisztémában, hol feszegeti az ember leginkább a bolygó eltartóképességét, korlátait.

A Millenium Ecosystem Assessment a World Resources Institute (WRI), a UNEP, a UNDP, és a Világbank (WB) kezdeményezésére kezdődött 2001-ben, és 2005-ben ért véget. Fő megállapításai a következők voltak:

- A Földön elkülöníthető 24 különböző fontos biom (alrendszer) közül csupán 4 mutatta gyarapodás jeleit az elmúlt 50 évben, 15 az emberi hatás következtében jelentősen degradálódott (63%!), a maradék pedig, bár magán viseli az ember beavatkozásának jegyeit, még nem került végveszélybe.
- Az elmúlt 50 év változásai nagyobbak, mint az azt megelőző emberi hatás együtttévé.
- A jövőben romló tendenciák és folyamatok várhatóak.³³

A helyreállítás érdekében az akkor javasolt lépések még azt is el tudták volna érni, hogy a jövőben fellépő igényeket is ki tudja elégíteni az ökoszisztéma, de a jelenlegi erőfeszítések nem elegendőek ahhoz, hogy akár a jelenlegi állapot is fennmaradjon.

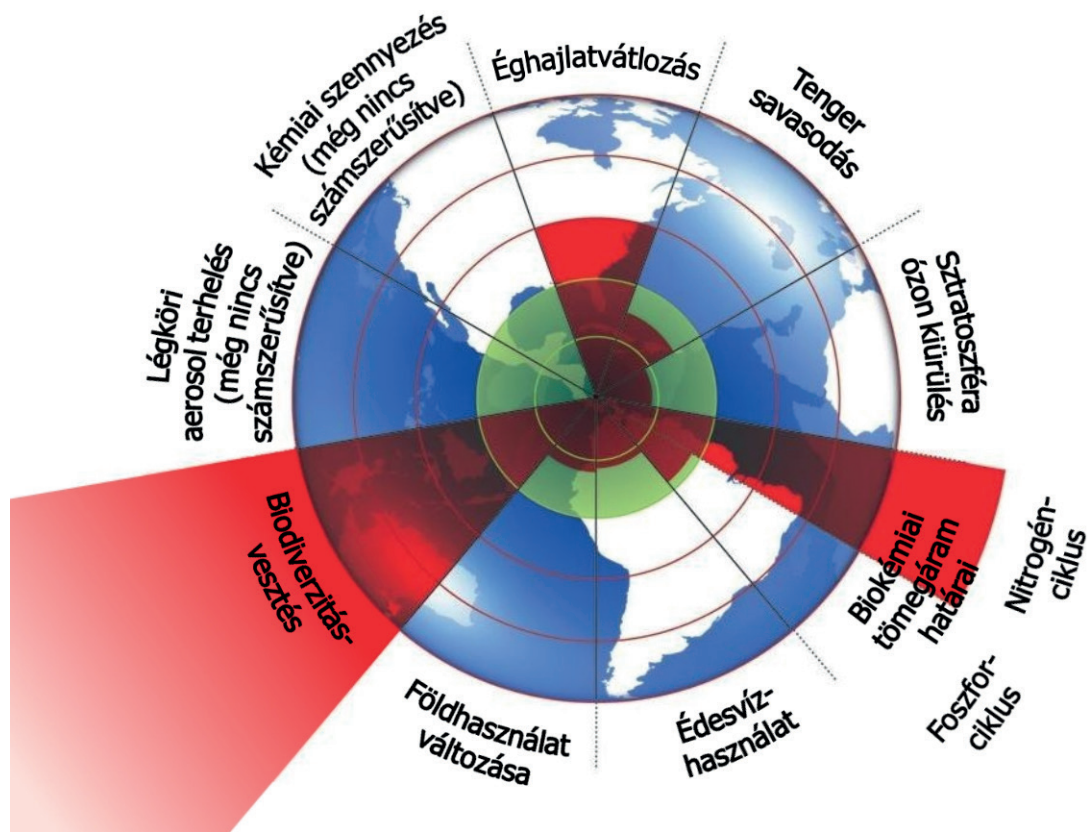
A következő jelentős vizsgálat már nemcsak az egyes élőrendszerekre, hanem a teljes bioszférára kiterjedt. A vizsgálatot végző, illetve az eredményeket szintetizáló Rockström és társai (2009) eredményei alapján kijelenthetjük, hogy bolygónkon az emberi tevékenység több területen is jelentősen túllépte azt a szintet, amely még kezelhető korlátok között lenne képes tartani a következményeket. Az emberi hatás kiterjed a bolygó minden részére, azaz nemcsak az élő természet pusztulásában nyilvánul meg, hanem az éghajlatváltozásban, a légkör szennyeződésében, stb. továbbá a természeti rendszerben lényegében mindenhol, illetve a szabályozó mechanizmusok, anyagciklusok stb. zavaraiiban is tetten érhető. Az említett kutatás eredményeit az alábbi, jól ismert ábra foglalja össze:

³⁰ Magyarországon a Homokhátság kiszáradásához jelentősen hozzájárulnak az ott élők által legtöbbször be nem jelentett módon fúratott kutak is. A Homokhátság talaja könnyű kútfúrást tesz lehetővé.

³¹ Az Egyesült Államok Geológiai Szolgálat.

³² <https://pubs.usgs.gov/fs/2007/3029/html> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

³³ Lásd: <https://www.millenniumassessment.org/en/Reports.html> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)



2. ábra: A bolygó rendszereinek és ciklusainak korlátait túllépő és a természet megfelelő működését veszélyeztető emberi tevékenység.

Forrás: Rockstörn és társai (2009)

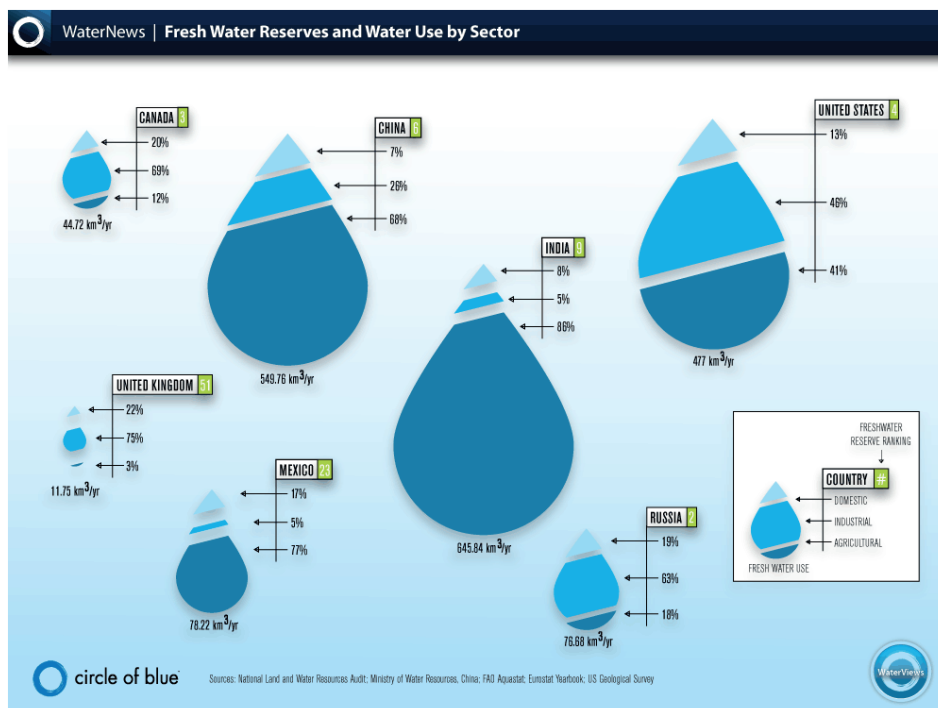
Az ábra a cikk egyik legfontosabb eleme volt.³⁴ Részletezve az egyes elemeket a következő megállapításokat és rájuk vonatkozó magyarázatokat lehet tenni:

- Az ábra alapján a legkomolyabb problémát az a fajkihalási hullám jelenti, amely az emberi tevékenység, az antropocén hatás következtében zajlik. Ez az élőhely elpusztításán, a túlhasználaton (lehalászás, vadászat stb.) és a természetes növénytakaró átalakításán keresztül közvetlenül, egyéb hatásokon (szennyezés, invazív fajok betelepítése stb.) keresztül pedig közvetve zajlik. A kutatások azt mutatják, hogy a jelenlegi fajkihalás sebessége a természetes folyamatoknál két-három nagyságrenddel gyorsabb.
- A másik fontos terület, ahol jelentős többlet-hatás mutatható ki, a természetes nitrogénkörforgás felborulása, a vizek nitrátosodása. Ennek legfontosabb okai a zöld forradalomnak nevezett iparosított mezőgazdaság és az emberi eredetű szennyvíz élő vizekbe jutása. Az előbbi a földekre kellően nem átgondolt nitrogénműtrágya-kijuttatást jelent, azaz több nitrogénműtrágya kerül ki, mint ami képes a növényben felszívódni. A maradék, vízben oldott állapotban a természetes vizekbe és a talajvízbe jut. Ennek az az oka, hogy a mezőgazdaságban még mindig nem elég átgondoltan juttatják ki a műtrágyát, azaz a korábban magától értetődő több műtrágya – nagyobb hozam összefüggés felszínes ismerete miatt sokkal több műtrágya jut a földekre, mint amennyit a növények képesek felvenni. A többlet műtrágya talajvízbe és az élő vizekbe jutva nitrátosodást eredményez, és hozzájárul a vizek eutrofizációjához. A második

³⁴ A cikknek megjelent egy frissítése 2015-ben: <http://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855> (utolsó letöltés: 2018. április 16.)

jelenség pedig az emberi anyagcsere-végtermék nem megfelelő kezeléséből fakad a természetes vizekbe jutó szennyvizek esetén, amelyek nitrogéntöbbletet jelentenek a természetes vizeknek, illetve a talajvíznek is.

- Az éghajlat változása – egész pontosan az azt okozó légköri CO₂-koncentráció változása – szintén egy olyan terület, ahol túlléptük a korlátokat, meghaladtuk azt a szintet, ahonnan még biztosan vissza lehet fordítani a kedvezőtlen emberi hatást. Az emberiség által kibocsátott üvegház-hatású gázok légköri koncentrációjának növekedése, illetve az erdők irtása egyaránt az éghajlat változásához, a megszokott állandóság felborulásához vezet.
- A tengerek elsavasodása az üvegház-gázok légköri feldúsulásának másik súlyos következménye. Ahogy növekszik a légköri CO₂-koncentráció, úgy egyre több CO₂ oldódik a tengervízbe,³⁵ így növekszik a szénsavképződés, ezzel az óceánok elsavasodása is fokozódik. Ennek komoly hatása van az óceánok élővilágára: a növekvő hőmérséklet és a savasodó tengervíz a jövőben a korallok további pusztulásához vezet, mert a savasodó kémhatás következtében a korallok vázalkotó képessége csökken.
- Az édesvíz-használat növekedése és a kémiai szennyeződés mértékének káros irányú változása szintén jelentős probléma; a cikk készítői még nem ítélték meg ezeket úgy, hogy közvetlen veszélyt jelentenének, de a jövőben egyre komolyabb gondokat okoznak. Ennek érzékeltetésére álljon egyetlen adat itt. Jelenleg a Földön évente körülbelül 4 milliárd m³ vizet használ el az emberiség. Ennek jelentős része öntözővíz, vagy ipari felhasználás, amely lényegében azonnal szennyvízzé válik. A Földön évente körülbelül 10 milliárd m³ édesvíz érhető el közvetlenül a természetes vízkörforgás keretei között, azaz az elérhető édesvíz majdnem felét az emberiség használja.



3. ábra: A felhasznált édesvíz használat szerinti megoszlása. Érdekes, hogy általában a legnagyobb fogyasztók esetében az öntözés részaránya a legmagasabb. Világoskék: háztartási, kék: ipari, sötétkék: mezőgazdasági vízhasználat.

Forrás: <https://env3400spring2013russia.wordpress.com/2013/04/>

³⁵ Egy gázelegyben, ha növekszik egy komponens koncentrációja, a gázelegy teljes nyomásából növekszik a rá eső parciális nyomás is, a kioldódás pedig a parciális nyomással növekszik.

Összességében megállapítható, hogy a bolygó ökoszisztémája, a tengerek állapota, a talaj, az éghajlat változása mind olyan tünet, amely a bolygó korlátainak jelentős túllépése miatt mutatja a romlás jeleit. Az is megállapítható, hogy az antropogén hatás sok esetben visszavonhatatlan károkat okozott, de legalábbis nem garantálható már tudományos bizonyossággal a helyzet visszafordíthatósága. Valószínű immár, hogy nemcsak a károk helyreállítása, hanem az azok által okozott változásokhoz történő alkalmazkodás is az emberiség feladata.

2.3. A növekedés határai

2.3.1. Bevezetés

A világ egyenlőtlen és a természeti környezetet nem megfelelően kezelő fejlődése már a hatvanas években látható volt azok számára, akik a jelenségek mögött ráláttak a rendszer működésére is. Aurelio Peccei, egy sikeres olasz üzletember egy befektetési vállalat (ALEDA) konferenciájának nyitóelőadásán kifejtette ezzel kapcsolatos észrevételeit. Az előadás kéziratát olvasta Alexander King, egy skót tudós, és együtt elhatározták, hogy cselekszenek a megoldás érdekében. Összehívtak a következő évre mintegy 30 európai tudóst, üzletembert, közgazdászt Rómában, hogy megbeszéljék a globális problémákat. A találkozó résztvevői nevezték magukat a Római Klubnak. Azután már hivatalossá is vált a szervezet, és Svájcban 1970-ben tartották az első hivatalos összejövetelt a svájci kormány meghívására. Itt bízták meg Jay Forrestert azzal, hogy egy világmodellt fejlesszenek ki a globális problémák modellezésére, tekintettel arra, hogy Forrester rendelkezésére állt már akkor megfelelő modellezési technika, számítógépes kapacitás, és a Massachusetts Institute of Technology (MIT) fiatal kutatói is. 1972-ben jelent meg a Római Klub első jelentése, „A növekedés határai” címmel, amely első ízben hívta fel a figyelmet arra, hogy változatlan formában ez a típusú gazdasági növekedés nem folytatódhat a XXI. század végéig.³⁶

2.3.2. A World3 modell

A kifejlesztett World3 világmodell rendszerdinamikai modellezési technikát használt (erről, valamint a szakkifejezésekről, mint pozitív és negatív visszacsatolás, késleltetés, lásd a tankönyv rendszerdinamikai modellezéssel foglalkozó részét). A modell a világ gazdaságát mint egy egységes gazdaságot ábrázolja, beleértve a gazdaság és környezete kölcsönös kapcsolatrendszerét is. A modell központi elemei a népességváltozás és az ipari termelőtőke változása. Mindkettő exponenciális növekedésre hajlamos annak ellenére, hogy mindkét folyamatba beépítették a csökkentő folyamatokat, azaz a halálozásokat és az amortizációt (a beruházások elhasználódását) is.³⁷ A folyamatokat behatároló legfontosabb tényezők a következők:³⁸

- *A mezőgazdaság számára elérhető földterület.*
- *A talaj termelékenységéé.*
- *Az egységnyi mezőgazdasági terület által termelhető mezőgazdasági termények felső határa.*
- *A kitermelhető, nem megújuló erőforrások összességének határa.*

³⁶ Lásd: <http://www.clubofrome.org/about-us/history/> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

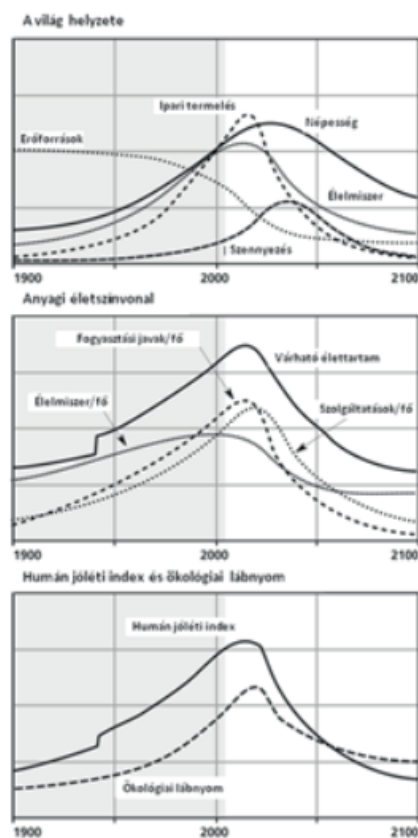
³⁷ Meadows et al (2005) 154.

³⁸ Meadows et al (2005) 160-161.

- *A környezet azon képességének határa, amellyel képes annak a hulladéknak az asszimilálására, amely a termelés és a fogyasztás során lép fel. Ez a határ csökken, ahogy a szennyezés szintje nő.*

A gazdasági rendszer viselkedését a kulcsváltozók múltbeli trendjei reprezentálták. Belevették azokat a hatásokat is, amelyek a változók közötti kölcsönhatásokból eredtek. Ezeket a kölcsönhatásokat modellezték. A modell időbeni lefolyása mindegyik változó esetében függött a többi változótól, azok egymásra való hatásától. A népesség és az ipari termelés mellett még három olyan fontos elem van, amit az eredmények bemutatásakor kiemeltek (mindhárom erős kapcsolatban van az ipari termeléssel és a népességgel): az erőforrások, az élelmiszertermelés és az állandósult környezetszennyezés.

Az úgynevezett standard forgatókönyv (standard futtatás, futás), ahol feltételezik a jelenlegi tendenciákat és a 20. század végén érvényes számokkal, műszaki megoldásokkal számolnak, a következő:



4. ábra: A standard futtatás modelleredményei

Forrás: Meadows (2005) 179.

A modell célja – mint a valóságban is – a növekedés (Meadows, 2005, p.177), aminek csak az erőforráskorlátok szabnak határt. A népesség növekedése önmagától, egyéb korlát elérése nélkül akkor áll le, ha mindenki gazdag lesz. Látható, hogy olyan célokat követ a modell, amely a valóságban is tetten érhető.

2.3.3. Elemzés

A jelentést sokan úgy értelmezték, hogy az erőforrások kimerülése miatt a világ rendszerei a XXI. században összeomlanak. Sok közgazda egyértelműen hatalmas badarságnak értelmezte a jelentést,³⁹ de úgy tűnik, hogy sok kritika nem ment túl a standard futtatás eredményein. A World3 forgatókönyvei a korlátozó feltételeket sorban feloldották. Módosították a fontosabb trendeket is, és a következő megállapításokat tették:

1. Amennyiben folytatódik az a növekedési ütem, ami a világ népességszámát, az iparosítást, a szennyezést, az élelmiszertermelést és az erőforrások kimerülését a XX. század első felében jellemzi, elérjük a bolygó növekedési határait a következő száz évben. A legvalószínűbb kimenetel egy hirtelen és ellenőrizhetetlen csökkenés lesz előbb a népességben, azután az ipari termelési kapacitásokban.⁴⁰
2. Meg lehet változtatni ezeket a trendeket, és meg lehet teremteni egy ökológiai és gazdasági stabilitás a feltételeit a távoli jövőre vonatkozóan. Meg kell tervezni a globális egyensúly állapotát, így a Föld minden lakójának anyagi igényeit ki lehet elégíteni, és minden egyes embernek egyforma lehetősége lehet arra, hogy kiteljesítse saját személyes lehetőségeit.⁴¹ Ilyen eredményt adott a kilencedik forgatókönyv,⁴² ahol a népesség növekedését és az ipari (anyag) termelést korlátozták; olyan műszaki megoldásokat vezettek be, amellyel csökkentették a szennyezést és a talajeróziót; óvták az erőforrásokat, például a mezőgazdasági területeket, miközben növelték az élelmiszertermelést a szükséges szintre. Ennek a forgatókönyvnek a többihez képest az az új eleme, hogy előteremtették a szükséges új technológiák bevezetéséhez az anyagi fedezetet. Ilyen stabil fejlődési pályát mutatnak be a következő fejezetben, az utánkövetésben a két idézett kutatócsoport által készített ábrák.
3. Ha az emberek a világon úgy döntenek, hogy a második kimenetet választják az első helyett, akkor minél hamarabb elkezdnek ezen dolgozni, annál nagyobb a siker esélye.⁴³

Jegyezzük meg, hogy a növekedés határai az anyagi teljesítményre vonatkoznak, nem a GDP-re.

A címből azt a következtetést lehet levonni, hogy a növekedésnek vannak határai, de úgy pontosítható ez a megállapítás, hogy a fizikai outputoknak – azaz a reálgazdaság anyagban és energiában kifejezett kimenetének – vannak határai.⁴⁴

A World3 modellt első kiadása után 20 év illetve 30 év után felülvizsgálták, korszerűsítették, a megfelelő paramétereket módosították, és újra lefuttatták a scenáriókat.⁴⁵ Nem következett be olyan szintű változás a modell eredményeiben, ami megkérdőjelezte volna az 1972-es eredeti modell érvényességét. Az utolsó kiadásban már sokkal pesszimistábbak és szókimondóbbak voltak a szerzők, megállapították, hogy az elmúlt 30 évben a vitatkozásokon és elmélkedésen kívül nem sok minden történt. „Nincs még egy másik harminc évünk, amit elherdálhatnánk. Sok mindennek kell ahhoz változnia, hogy a túllövést ne összeomlás kövesse a 21. század során.”⁴⁶

³⁹ Például Beckerman (1972) idézi Perman et al. (2011) 49.

⁴⁰ Minden esetben, amikor egy-egy korlátot kivettek a rendszerből (mint például nyersanyag-szűkösség, mezőgazdasági termelés stb.), egy másik okozott összeomlást, egészen addig, amíg nem korlátozták a népességet is. Meadows et al. (2005) 213–222.

⁴¹ De a kilenc futási modelltől csak az a három adta ezt az eredményt, amelyben a népesség növekedése megállt. Meadows et al. (2005) 241–245.

⁴² Meadows et al. (2005) 244–247.

⁴³ Meadows et al. (1992) 13.

⁴⁴ Perman et al. (2011).48.

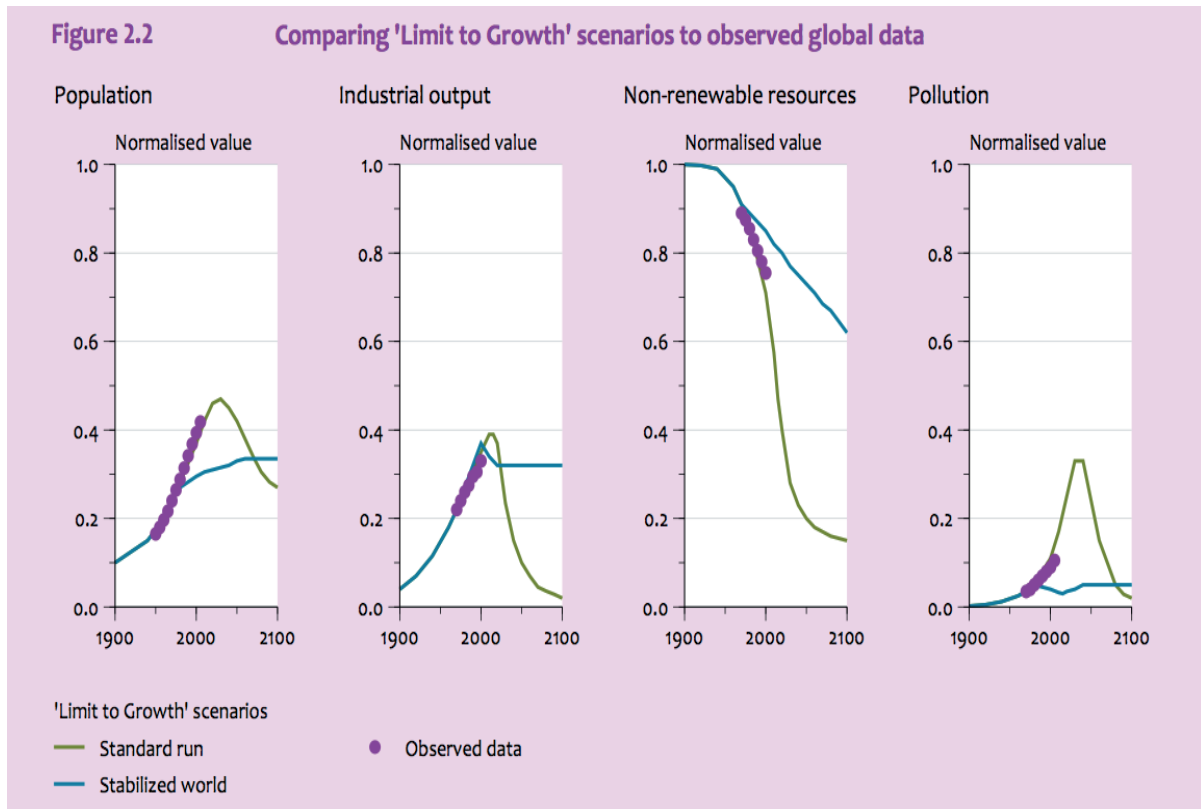
⁴⁵ Meadows et al. (1992) és Meadows et al. (2005)

⁴⁶ Meadows et al. (2005) 16.

2.3.4. Utánkövetés

A modell érvényességének vizsgálatára két kutatócsoport jelentését idézzük. Az egyik Hollandia környezetvédelmi értékelő intézetének a jelentése,⁴⁷ a másik az ausztrál fenntartható társadalom intézetének jelentése.⁴⁸

A holland kutatócsoport a következő ábrában közölt megállapításokra jutott felméréseik alapján:



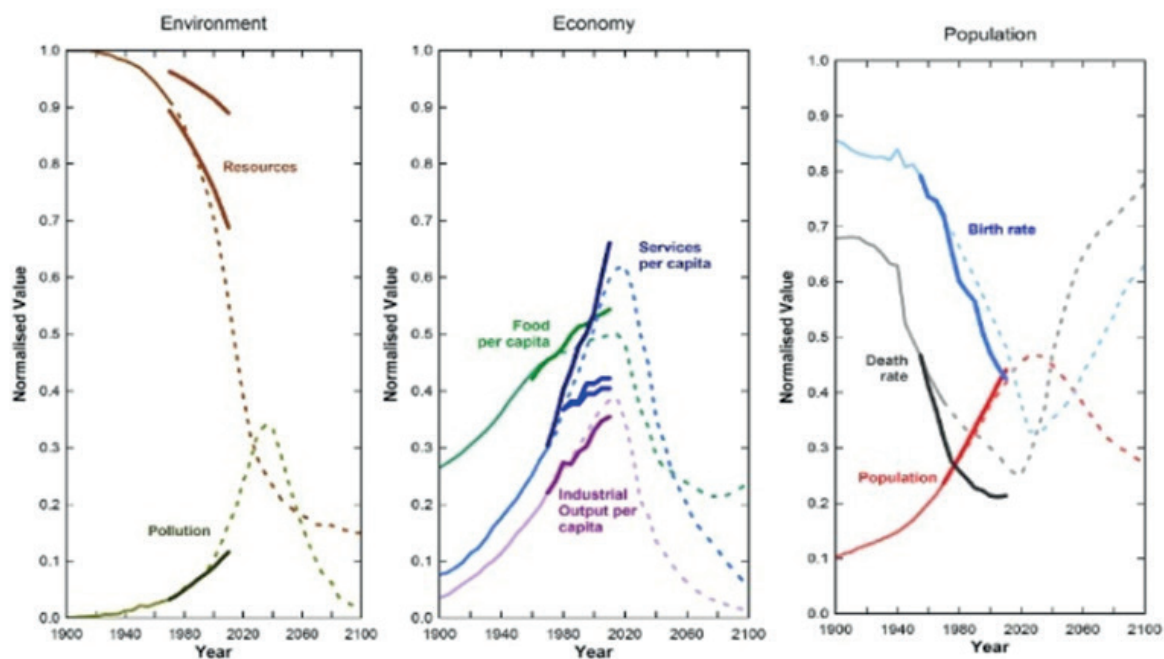
5. ábra: NEAA felmérése a standard futás tényleges alakulásának vizsgálatára

Forrás: NEAA (2009) 23.

A rózsaszín körök jelentik a tényleges felmérés adatait, a zöld vonal a standard futás, a kék vonal pedig a fenntartható változat trendjét jelöli. A népességnél, a nem-megújuló erőforrásoknál látható, hogy a tényadatok pontosan követik a standard futás eredményeit. A szennyezés talán valamivel alatta marad a standard futás eredményeinek, de sokkal közelebb van hozzá, mint a normalizált esethez. Az ipari termelés esetében addig együtt fut a két szcenárió, ameddig a tényadatok rendelkezésre állnak.

⁴⁷ NEAA (2009).

⁴⁸ Turner (2014).



6. ábra: Az Ausztrál Fenntartható Társadalom Intézetének jelentése

Forrás: Turner (2014) 8.

Az ábrán pontozott vonallal jelölték a standard futást, folytonossal pedig a tényadatokat. Az ábra első részében a nem-megújuló erőforrásoknál talán valamivel jobb a helyzet, mert a fenti két görbe az alsó és felső becslést mutatja. A szennyezés ugyanúgy egy kicsit kisebb, mint a standard futásnál. A gazdaságban mindegyik mutató gyakorlatilag a standard futásnak megfelelően alakul, kivéve a szolgáltatásokat, amelyek nagyobbak értékek. A népesség alakulása ugyanaz, ám csökkenő születési és halálozási adatokkal.

A két utánkövetés egyértelműen a *Növekedés határainak* 2005-ös pesszimista mondatait jelzi vissza: nem sok minden történt a 30 év alatt, ami a trendek megváltozását eredményezte volna. Az a tény, hogy a körforgásos gazdaság bevezetése sürgetővé vált bizonyos ásványi anyagok kimerülésközeli helyzete miatt⁴⁹ azt mutatja, hogy a helyettesítő anyagokkal kapcsolatos innovációk sem működnek tökéletesen (lásd a részleteket a kék gazdaság/körforgásos gazdaság részben).

2.3.5. A növekedés társadalmi határai

Öt évvel a *Növekedés határai* könyv megjelenése után, 1977-ben Hirsch publikálta a növekedéssel kapcsolatos társadalmi korlátokat, amelyek nem igazán korlátok, hanem annak az alátámasztása, hogy bizonyos helyzetekben már szükségtelen a gazdasági növekedés a társadalmak számára. Véleménye szerint van az anyagi bőségnek egy olyan általános szintje, amely kielégíti azokat a biológiai szükségleteket, amelyek az életfenntartáshoz szükséges élelmiszere, a menedékre és ruházatra vonatkoznak. Az egyének azonban ezen túl is megfogalmazznak igényeket, de ennek a természete olyan, hogy gazdasági növekedés folyamata egyre inkább képtelen arra, hogy kielégítse ezeket a többlet-igényeket. Ennek oka az, hogy “Az a megelégedettség, amelyet az emberek éreznek a javak és szolgáltatások fogyasztása után, egyre növekvő mértékben függ nem csak a saját, de a mások fogyasztásától is.”⁵⁰

⁴⁹ EASAC (2016b) 2.1 táblázat.

⁵⁰ Hirsch (1977) 2.

Miután az alapvető anyagi szükségleteket kielégítettük, a további gazdasági növekedést azzal hozhatjuk kapcsolatba, amire a jövedelmünk egyre nagyobb részét költjük: úgynevezett pozicionáló javakra.

Perman és társai (2011, pp. 70-71) ezt a jelenséget részletesebben is kifejtik. Két fontos tendenciát fogalmaznak meg: az adaptációt és a rivalizálást. Az első értelmében, ha valaki vesz egy új terméket (például autót), annak újdonságélménye hamar elvész, az egyén „adaptálódik”, azaz alkalmazkodik az új termékhez. A másik a rivalizálás: hiába vett egy új autót, ha a többieknek már kettő van. Ez újabb termék (autó) vásárlására ösztönözheti az egyént.

A pozicionáló javak, az adaptáció és rivalizálás azt jelzik, hogy a növekedés a fejlett gazdaságokban sokkal kevésbé kívánatos cél, mint ahogy azt a közgazdászok gondolják. Így a társadalmi jólét hagyományos hasznossági koncepciója, illetve a GDP használata a jólét mérésére félrevezető. Ezt a tényt alátámasztja az a felmérés is, miszerint az Egyesült Államokban azok százalékos aránya, akik nagyon boldognak vallották magukat egyre csökkent 1956 és 1996 között, míg a GDP megduplázódott ez idő alatt.⁵¹

2.4. A Bali mezőgazdaság és a zöld forradalom⁵²

A mezőgazdasági termelés Indonéziában a komplex adaptív mezőgazdasági termelés jó példája,⁵³ de ugyanakkor arra is jó példa, hogy hogyan kell működtetni egy olyan rendszert, ahol a vallási-spirituális, az emberi-társadalmi és a természeti-környezeti szempontok egymással harmóniában léteznek. Ez a három tényező alkotja a jól-lét három okát (úgy hívják Baliban, hogy Tri Hita Karana, THK). Ilyen komplex példák Magyarországon – még – nem ismertek, bár több elemük megtalálható például a Krisna völgyben.

2.4.1. Áttekintés

Indonéziában a társadalmi-gazdasági-vallási sokszínűség igen gazdag, ami a természeti erőforrások használatára is kiterjed, így az erdőkre, földekre és a vízre is. Balin (egy körülbelül 5600 négyzetkilométeres kis sziget) több mint ezer éve folyik a mezőgazdasági termelés. A folyamat, ami több mint ezer éve lezajlott az erdőirtás illetve a sziget termőterületeinek teraszosítása volt, tehát a külső természet zavartalan működését ember-természeti rendszerre váltották át. A termelés *subakokban* (farmerek szövetkezése) folyik, amelyek egyfajta „öntözéses társadalmak”, kifejezve a víz központi szerepét.⁵⁴ Az egyéni erőforrás-használatot a helyi törvények (customary law) szabályozzák (ez az úgynevezett „adat”). Az erőforrás-használat az átalakított ökológiai rendszerek működésének figyelembe vételével történt, hiszen a megváltoztatott környezetben is éppúgy ökológiai rendszerek működnek, mint az eredeti, erdőszült szigeten, csak másfajta. Ezeket a hagyományos rendszereket azonban a technika fejlődése következtében kialakult új rendszerek felül akarták írni, és ez okozta Bali szigetén az ősi termelési módok és a zöld forradalom harcát.⁵⁵

⁵¹ Perman et al. (2011) 69–79.

⁵² A fejezethez javasolt videó: <https://www.youtube.com/watch?v=h9ozS8BKUFI> 4:09-7:36.

⁵³ Lansing – Kremer (1993)

⁵⁴ Roth (2014).

⁵⁵ Roth (2014).



7. ábra: Teraszos rizstermesztés Balin

Forrás: <http://champlaincore230fall2013.blogspot.hu/2013/09/case-study-bali-green-revolution.html>

Egy subak a néhány hektártól a több száz hektárig terjedhet, és feladatuk az öntözés, építés, fenntartás, a mezőgazdasági tevékenységek ütemezése, a kártevők elleni védekezés, a konfliktusok megoldása, valamint a vízzel és a rizstermesztéssel kapcsolatos rituálék és ceremóniák lebonyolítása.⁵⁶ Ezzel azonban igen komplex feladatokat is elvégeztek, mivel az öntözéses termelés és a szárazon hagyott talaj váltakozása szabályozza. Így például szabályozzák a komplex bio-geo-kémiai folyamatokat, mint a talaj Ph-értéke, az oxigénnel és az oxigén nélkül történő (aerob és anaerob) folyamatok, az ásványi anyagok áramoltatása.⁵⁷ Ezeket a feladatokat a víztemplomok rendszerén keresztül végezték el. A víztemplomok voltak a vallási szertartások és a szociális élet helyszínei és központjai, ahol a szertartások összhangban voltak a földeken végzendő aktuális feladatokkal.⁵⁸ A subakok víztanilag függetlenek, de össze vannak kötve öntözőcsatornákkal.



8. ábra: Víztemplom Balin

Forrás: <http://champlaincore230fall2013.blogspot.hu/2013/09/case-study-bali-green-revolution.html> (utolsó letöltés: 2018. április 16.)

⁵⁶ Roth (2014).

⁵⁷ Lansing – Kremer (1993).

⁵⁸ Janssen (2007).



9. ábra: A subakokat összekötő öntözőcsatornák

Forrás: <http://champlaincore230fall2013.blogspot.hu/2013/09/case-study-bali-green-revolution.html> (utolsó letöltés: 2018. április 16.)

A mezőgazdasági termelés (rizs- és zöldségtermesztés) menetrendje az összes subak számára egy komplex naptári rendszer szerint történik, ami megmondja, hogy az egyes mezőgazdasági műveleteket (ültetés, stb.) mikor kell az egyes subakoknak elvégezniük. Ezek a műveletek az egyes teraszok víztemplomán kezdődnek, összegződnek a falu víztemplománál, azok a regionális víztemplomnál és a Crater Lake víztemploma a végső állomás, amely a főpap, Jero Gde, az Istenség emberi képviselőjének a temploma. Crater Lake táplálja az összes földalatti vízforrást.⁵⁹ Így az egész termelést a víztemplomok hangolják össze, alulról fölfelé szerveződő módon.

2.4.2. A zöld forradalom

„A zöld forradalomnak nevezett folyamat a mezőgazdaság iparosításának felel meg. Kevert fajú vetőmagokkal, új növényfajtákkal, rendszeres öntözéssel, gépesített talajműveléssel, műtrágyázással, vegyszeres növényvédelemmel a világ gabonatermelése kb. a három és félszeresére növekedett.”

Az 1970-es években a zöld forradalom támogatói nyomást gyakoroltak a farmerekre, hogy a nagy hozamú, gyorsan nöövő, úgynevezett „zöld-forradalom-rizsfajtákat” termeszték. Azt is elérték, hogy műtrágyázzák a teraszokat, ehhez kifejlesztették a műtrágyagyártó kapacitásaikat. Erősen támogatták a műtrágyát, azaz a kálium és a foszfor-műtrágya maximális ára sohasem haladta meg a világpiaci ár felét (ezzel az állam nagy pénzügyi terhet vállalt magára).⁶⁰ Ezzel a termelési folyamatokat próbálták elválasztani az ökológiai ciklusoktól, ezzel azonban mellékhatások is jelentkeztek. A kártevők ellen ugyanis hagyományosan úgy védekeztek, hogy az aratásra kiszárították a területet, azután parlagon hagyták, majd ismét elárasztották, megfosztva ezzel a kártevőket (patkányok, rovarok) az élőhelyüktől. A megváltoztatott termelési folyamat hatására megjelentek a kártevők, ezért a kártevők elleni védekezést is (egyre nagyobb mennyiségű) vegyszerekkel kellett megoldani. A nagyobb nyereség érdekében az évi kétszeri termesztés-aratást háromszorosra növelték. Ez kezdetben rekordterméseket eredményezett, de azután felléptek az ökológiai rendszerek figyelmen kívül hagyásának következményei. Például amíg a kártevők okozta kár a hagyományos művelés esetén 1% körüli volt, a 70 évek végén volt olyan év, amikor ez elérte az 50%-ot.⁶¹ A farmerek tiltakozásának hatására végül is visszatértek a hagyományos termeléshez.

⁵⁹ Janssen (2006).

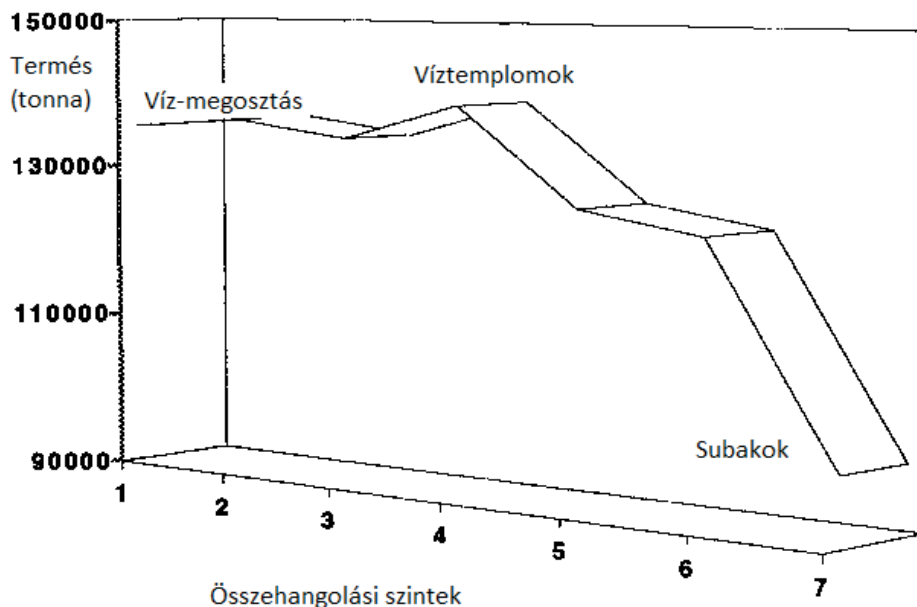
⁶⁰ Lansing et al. (2001).

⁶¹ Lansing – Kremer (1993).

2.4.3. Tudományos megközelítés

Későbbi kutatások igazolták,⁶² hogy a víztemplomok rendszerével működtetett termesztés optimális megoldást nyújtott a kártevők elleni küzdelemben, az öntözés megfelelő szabályozásával. Az egyik alapvető folyamat ugyanis az, hogy megfelelő számú farmernek együtt kell döntenie arról, hogy mennyi földet és mikor vesznek ki a termelésből, illetve mennyit és mikor vonnak be a művelésbe. Amennyiben az összes, a rendszerhez tartozó subak egyszerre, egyidőben hagyja művelés nélkül a megfelelő földterületeket, akkor az a kártevőirtás ellen megfelelő védelmet ad, azonban a víz iránti igény is egyszerre jelentkezik, amit nem tudnak így kielégíteni. Amennyiben teljesen rendszertelenül ültetnek, úgy a vízigény kielégítése jobb, azonban a kártevők elszaporodása jelentős lesz (például az előzőekben hivatkozott 50%-os érték is egy ilyen alkalom volt).

Lansing és Kremer (1993) 172 subak működését vizsgálták meg két folyó mentén, helyi hallgatókkal összegyűjtötték a valós termelési, időjárási adatokat 1988-89-ből (amikor már visszaállt a zöld forradalom utáni rendszer a hagyományos termelésre), és modellezték az egyes lehetőségeket. A következő ábra mutatja azoknak a modellfuttatásoknak az eredményét, amikor a termelésbe vont és a parlagon hagyott földek összehangolásának szintjét modellezték.



10. ábra: Az egyes összehangolási szintek hatása a terméseredményekre

Forrás: Lansing – Kremer, 6. ábra

Az ábra bal oldalán látható az, amikor teljesen összehangolják a vízből való részesedést, ilyenkor a kártevők szaporodása jelentéktelen. Az ábra jobb oldalán van az a helyzet, amikor a subakok egyénileg döntenek el, mikor és mit termelnek. Ilyenkor maximális a kártevők általi kár. A legmagasabb terméseredményt az az összehangolási szint adja, amikor a víztemplomok rendszere hangolja össze a 172 subak termelését.

Lansing és Kremer (1993) megvizsgálják egy nyitva maradt fontos kérdést is: a víztemplomok rendszere hogyan biztosítja ezt az optimumot? Vajon a kísérletezések alapján a jobbnak bizonyuló

⁶² Lansing – Kremer (1993).

döntést viszik tovább, a farmerek döntenek a termesztés mikéntjéről, vagy a papok, esetleg mérnökök? További kérdések is felmerülnek: Vajon az egyes folyók víztemplom-hálózata egyenként is optimális eredményt ad, vagy csak az összehangolt eredmény optimális? Hogyan reagálnak a víztemplomok a változó körülményekre? Lansing és Kremer olyan modellt állítottak fel, ahol az év elején az összes subak megtervezte az elkövetkező évet. A négy legközelebbi szomszédjának a terméseredményeit megvizsgálva átvette annak a szomszédnak a termelési mintáját, aki a legnagyobb hozamot érte el a múlt évben. Ez alapján a ko-adaptációs (kölsönös-adaptációs) folyamat alapján sikerült elérni, hogy a subakok összesített terméseredménye közel maximális legyen.⁶³ Amikor nem csak az ültetési mintákat (fajták és ültetési idő) változtatták, hanem az egyéb fontos tényezőket is, mint például csapadékmennyiség, párolgás, kártevők szaporodási rátája és terjedése, illetve a károkozási mértékük), ugyanazt az eredményt kapták: 8-35 év után minden esetben kialakult a koordinált ültetési mintának egy olyan komplex struktúrája, amely nagyban megegyezik a víztemplomok hálózata által kialakított ültetési mintához. Ráadásul ez a ko-adaptív folyamat alkalmas arra is, hogy egy nagyobb sokkhatás után helyrehozza a rendszer működését, így a rendszer reziliens is. Mind az optimális minta kialakítása, mind a sokkhatás utáni regenerálódás a rendszer úgynevezett származékos vagy felmerülő tulajdonsága (emergent property), ami a rendszer működéséből következik.

2.4.5. Aktuális fejlemények

Az Ázsiai Fejlesztési Bank 1988-as jelentésében azt írta, hogy a bizonyítottan optimálisnak bizonyuló hagyományos rendszert valószínűleg ki fogja szorítani a technikai fejlődés által diktált új termelési mód. Lansing és munkatársai 2001-ben kutatásaik alapján leírják, hogy a mezőgazdasági minisztérium szorgalmazza a műtrágyák használatát a teraszokon (például hektáronként 33 kg foszfor, 100 kg kálium). Azonban Lansingék azt is közlik, hogy a vulkáni hamu által ezek a fontos ásványi anyagok az öntözéssel úgyis bekerülnek a termőtalajba, és elégséges mértékben állnak rendelkezésre, tehát nincs szükség műtrágyázásra. Ellenkezőleg: például a pótlólagos foszfor tovább növeli – szükségtelenül – a talaj, illetve a sziget foszforterhelését. Mindenesetre a mezőgazdasági minisztérium tovább erőlteti a nem hagyományos, már egyszer csődöt mondott termelési módokat. A korrekt információáramlás (tehát az, hogy az összes tápanyag megfelelő mennyiségben rendelkezésre áll) segíthet ezen a folyamaton.

A hagyományos művelési mód fenntartásának két másik tényező viszont segítségére sietett. Az egyik az, hogy a vegyszermentes termékek világszerte keresettek lettek, a másik pedig az, hogy a Balin folyó teraszos művelési mód a világörökség része lett 2012-ben. Ez utóbbinak a két fő eleme, a subak és a THK feltétlenül kiemelt és hangsúlyozott, mint ennek a művelési módnak a két fő tartópillére. Mivel a turizmus is fellendült, ezért Bali érdeke a hagyományos rendszer fenntartása.⁶⁴ Ezek a folyamatok viszont együtt járnak olyan járulékos elemekkel, amelyek a hagyományos rendszer integritása ellen vannak. Ilyen például a turizmus okozta környezetterhelés, illetve jövedelemszerzés. Egyre nagyobb területeket vonnak ki a művelés alól a turizmus számára, ami ismét ko-adaptációs folyamatok elindítója. A turizmus egyik fő hajtóereje a teraszos művelés, a THK, amiből igen jelentős bevétel is származik. Ennek a szétosztása szintén nem ökológiai alapú kérdés, hanem egy külső társadalmi-gazdasági-jogi terület, ami feltétlenül igényli a helyi „customary law” (szokásjog) bizonyos szintű vegyítését az állami rendszerrel. Talán a társadalmi-gazdasági-vallási sokszínűségben rendelkezésre álló sok évszázados tapasztalat segíti Balit abban, hogy megfelelően illessze a hagyományos rendszereihez a mai kor új kihívásait.

⁶³ Lansing – Kremer (1993) 7. ábra.

⁶⁴ Roth (2014).

3. KIVEZETŐ UTAK – RENDSZERGONDOLKODÁS

3.1. Rendszergondolkodás – bevezető⁶⁵

„Ha egy gyárat lerombolnak, de az a racionalitás, amivel azt felépítették megmarad, akkor ez a racionalitás egyszerűen egy másik gyárat fog építeni.”

A fenti idézetet Donella Meadows a Gondolkodás rendszerekben című könyve elejére tette. Ebben az idézetben benne van a rendszergondolkodás (systems thinking) lényege. Gondoljuk végig, hogy mi kellene ahhoz, hogy ne ugyanazt a gyárat építsék fel. Először is az a termék, amit gyártottak, valószínűleg piacképes, keresett termék, tehát az alapvető strukturális elemek adottak. Az építőanyagok valószínűleg ugyanazok. Az energiaellátás is várhatóan ugyanaz lesz, hiszen még manapság is gyakran alapoznak a gázfűtésre. Nem fizikai szinten követhetjük tovább a folyamatot: kik fogják tervezni, építeni. Azok, akik ugyanabban a rendszerben, majdnem ugyanazt a tananyagot tanulták, egy elfogadott szabályrendszer keretét szab számukra és viszonylag kockázatkerülők, tehát inkább a biztos, már bevált módszereket, eljárásokat alkalmazzák. Látható ebből a példából, hogy az egyes rendszerek – építőanyag-gyártás, egyetemi stb. oktatás – átszövik egymást, összefonódnak, egy változó környezetre együtt tudnak reagálni, és – bár megvan a maguk belső dinamikája – együtt változnak, ha változnak. A rendszergondolkodás lényege, hogy az egész rendszert, annak viselkedési mintáit együtt, egyben lássuk, mint ahogy a Bali mezőgazdasági példán (lásd a tankönyv megfelelő részét) is a komplex adaptív rendszerben az ökológiai, társadalmi és gazdasági rendszerek is egyben, egymást áthatva alkották az egész rendszert. Bossel (2007) a következőképpen definiálja a rendszert:

„Rendszer bármilyen, amit rendszerelemek alkotnak, amelyek egymással kapcsolatban vannak egy jellemző rendszerszerkezet szerint. A rendszerelemek konfigurációja lehetővé teszi, hogy a rendszer betöltsön egy speciális rendszerfunkciót a rendszer környezetében. Ezek a funkciók úgyis értelmezhetők, mint amelyek egy meghatározott célt szolgálnak. A rendszer határát meghatározza a környezetével kapcsolatos input és output oldal.”⁶⁶

Egy autó esetén a rendszerelemek az egyes fődarabok, mint motor, karosszéria stb. Az autó szerkezete meghatározza az összekapcsolódásuk módját. Ezek együttesen – a kész autó – képesek az utasok szállítására, mint speciális rendszerfunkció, de egy másik konfiguráció versenyzésre lehet alkalmas. Az egyes elemeket (például az üléseket) már aszerint alakítják ki, hogy a meghatározott célt a legjobban szolgálják. A már legyártott autó a környezetéből veszi fel az üzemanyagot, és a környezetébe bocsátja ki a szennyeződést, de a rendszer határa a karosszéria és a kerekek.

A rendszerekben való gondolkodás kialakítható. Sweeney és Meadows nevéhez fűzhető egy rendszergondolkodást játékosan tanító könyv⁶⁷. Senge így foglalja össze a rendszergondolkodás lényegét:

„A rendszergondolkodás megadja a keretet ahhoz, hogy az utóbbi ötven évben kifejlesztett tudásanyag és a rendelkezésünkre álló eszközök tárházának segítségével az egész minta jobban látható legyen, és megtaláljuk a hatásos változtatások módját.”⁶⁸

⁶⁵ A fejezethez javasolt videó: <https://www.youtube.com/watch?v=V38HrPnYkHI>

⁶⁶ Bossel (2007) 1.

⁶⁷ Sweeney – Meadows (2015)

⁶⁸ Senge (1990) 9.

Maani és Cavana a rendszergondolkodás jellemzői között említi az úgynevezett „erdő-gondolkodást”, amelyben az erdőt, de a fákat és azok egymáshoz való kapcsolódását is látni. A rendszergondolkodás nemlineáris, dinamikus, de gyakorlatias is, amennyiben a konkrét működés ismerete is szükséges a kapcsolódások meghatározásához. A „rendszer” jellegéből eredően zárt körfolyamatokban gondolkodik, értve ezalatt azt, hogy az okozatok előbb-utóbb visszahatnak az okra. Fontos megjegyezni, hogy itt a „zárt” jelző nem például az erdőre vagy egy autóra vonatkozik; itt a rendszer az oksági lánc által leírt folyamat. A kialakított nyelv (eszköztár) vizuális, ábrákban beszél, pontos szabályokat követ, az észleléseket képekbe önti és természeténél fogva körforgásokat ábrázol. A módszertani eszközök közé tartozik az oksághurok-diagram vagy a stock-flow modellek.⁶⁹

A rendszergondolkodás tehát olyan eszközökkel is rendelkezik, amelyek számítógépes modellezést is lehetővé tesznek. Ezt a folyamatot Maani és Cavana öt fázisra osztja: 1) a probléma strukturálása, 2) oksághurok-modellezés, 3) dinamikus modellezés, 4) szcenáriótervezés és- modellezés, valamint 5) alkalmazás, és az eredményeknek a szervezetbe történő beépítése a szervezeti tanulás útján.⁷⁰

3.1.1. A probléma strukturálása

Mint csaknem minden modellezési folyamat, ez is a probléma meghatározásánál kezdődik. Van valami rendellenes működés a rendszerben, aminek szeretnénk utánajárni: leírni, megérteni, esetleg megoldani. Ezek a problémák és rendszerszintű megjelenésük általában hasonlítanak egymásra, csoportosíthatók és meghatározhatók egyes típusai. Ezeket hívjuk archetípusoknak. Ezek közül az archetípusok közül az úgynevezett *Tüneti kezelésen* mutatjuk be az oksághurok-készítést. Ilyen archetípusok még például a növekedés határai, vagy a közlegelő tragédiája.⁷¹

3.1.2. Oksághurok-diagram

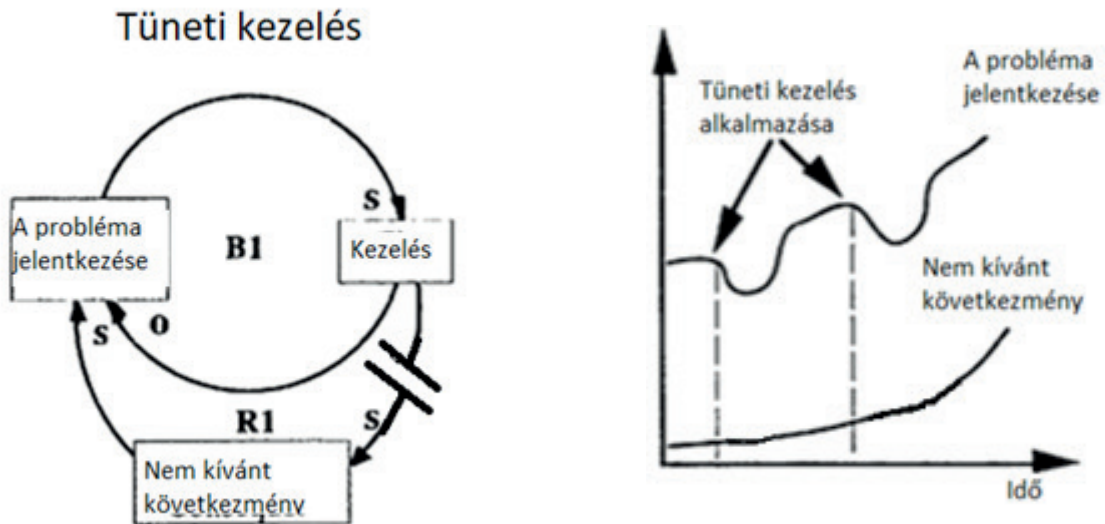
Először fel kell írunk az adott rendszernek egy olyan ábráját, ahol az adott rendszer fontosabb, vizsgált tényezőinek az egymásra hatását ábrázoljuk (oksághurok-diagram, CLD – causal loop diagram). Ezután felírjuk az egyes tényezők időbeni lefolyását.⁷²

⁶⁹ Maani – Cavana (2007) 7-8.

⁷⁰ Maani – Cavana (2007) 16-20.

⁷¹ Lásd Meadows (2008).

⁷² Időbeni viselkedés – BOT – behaviour over time. A Sweeney és Meadows könyv magyar fordításának végén (2015. 285–286.) megtalálhatók a fontosabb szakkifejezések fordításai.



11. ábra: A tüneti kezelés archetípusának oksághurok-diagramja és a hozzá tartozó időbeni viselkedés ábrája

Forrás: Kim (1993) 140. és 143. alapján.

A baloldalon lévő ábrán megtalálhatók a legfontosabb ábrázolási eszközök. A dobozokban vannak a rendszer szempontjából fontos elemek (változók). A nyilak jelzik a változók közötti kapcsolatokat. Az s betű (s – „same direction” ugyanaz az irány, illetve „+” jel is lehet) a nyilak végén jelzi azt, hogy a két változó milyen kapcsolatban van egymással. Amennyiben az első doboz változója (például a probléma jelentkezése) nő, akkor a másik dobozban található változó (itt: a kezelés) is nő, tehát ha nagyobb a probléma, erősebb az alkalmazott kezelés is (a változás iránya azonos). Hangsúlyozzuk, hogy itt direkt hatásról van szó, tehát kizárólag a két változó közötti direkt kapcsolatról. Az o betű (o, „opposite direction”, ellentétes irány, lehet „-” jel is) azt jelenti, hogy a hatás ellentétes. Az ábrán a kezelés és a probléma jelentkezése közötti kapcsolatra jellemző, tehát ha tüneti kezelést alkalmazunk, a probléma kevésbé fog jelentkezni. A B jel a hurok közepén a kiegyensúlyozó hurok jele (B – balancing; a B1 az első ilyen hurkot jelenti), az R pedig az ellenkezőjét, felerősítő hurkot jelent (R – reinforcing). Ebben az esetben tüneti kezelések elfedik az igazi okokat, nem kezeljük őket, ezért azok késleltetve nem kívánt következményeket fognak kiváltani, még ha egy darabig nem is olyan erősen, mivel valamilyen hatást azért kifejthet a tüneti kezelés is az igazi okokra. Ebből nem tudjuk meg, hogy jobban vagy kevésbé erősödnek, csak azt, hogy a változás iránya azonos. A változás azonban ez esetben nem azonnal következik be, hanem késleltetéssel, amelynek a jele a vonal megszakítása a két párhuzamos egyenessel. Az a tény, hogy oksági hurokról van szó, rávilágít arra a tényre, hogy a hatás visszatér az induló okhoz. Így mind a B-t, mind az R-t visszacsatolási huroknak is nevezzük.

A mellette lévő időbeni lefutás (BOT) ábrája mutatja azt, hogy a kezeléseket rövid ideig hatásosak, de e problémát ezekkel nem oldottuk meg, így az egyre inkább erősödik a tulajdonképpeni ok megoldatlansága miatt, a tüneti kezelés hatására némileg csökkenő mértékben. A fenti példából látható, hogy a változó olyan elem, amivel történik valami. Az idő folyamán nő vagy csökken, és amivel kifejezzük, az főnév vagy kifejezés, nem ige, tehát kezelés, következmény, probléma. A nyilak, a kapcsolatok fejezik ki magát a történést, a folyamatot, a B és az R pedig a tendenciát, a csökkenést vagy növekedést.

Két példa a tüneti kezelés archetípusára: az élelmiszersegély és a CO₂-kibocsátás témaköre. Ha egy éhező országba élelmiszersegélyt küldünk (tüneti kezelés), akkor az éhezés mértéke csökken, de az igazi okokat nem szüntettük meg: nő a népesség és nem épülnek ki az élelmiszertermelés feltételei. Ez azonban csak később fog jelentkezni, mivel az élelmiszersegély elfedi az igazi okokat, így a következő években várható nagyobb mértékű éhezés. A másik példa az üvegházhatású gázok

kérdése. Ha büntetjük a túlzott mértékű CO₂-kibocsátást, akkor az ideiglenesen csökkenhet és ezzel megoldottnak tekinthetjük a problémát. Az igazi okokat azonban – például átfogó technológiai megújulás hiánya – nem nagyon befolyásolja a büntetés, és az ipar fő mozgatórugója maradhat továbbra is a fosszilis erőforrás (például gáz).

3.1.3. Rendszerdinamikai modell

Az oksági hurok-diagram egy általános logikai modellt mutat be, aminek a modellezése többféle eszközzel is történhet. Mi a rendszerdinamikai modellezés alapjait mutatjuk be, amit az MIT-n fejlesztettek ki az ötvenes évek közepén.⁷³ Azonban lehet más modellezési eszközt használni, mint például a kilencvenes években kifejlesztett *Agent based* modellezési eszközt.⁷⁴

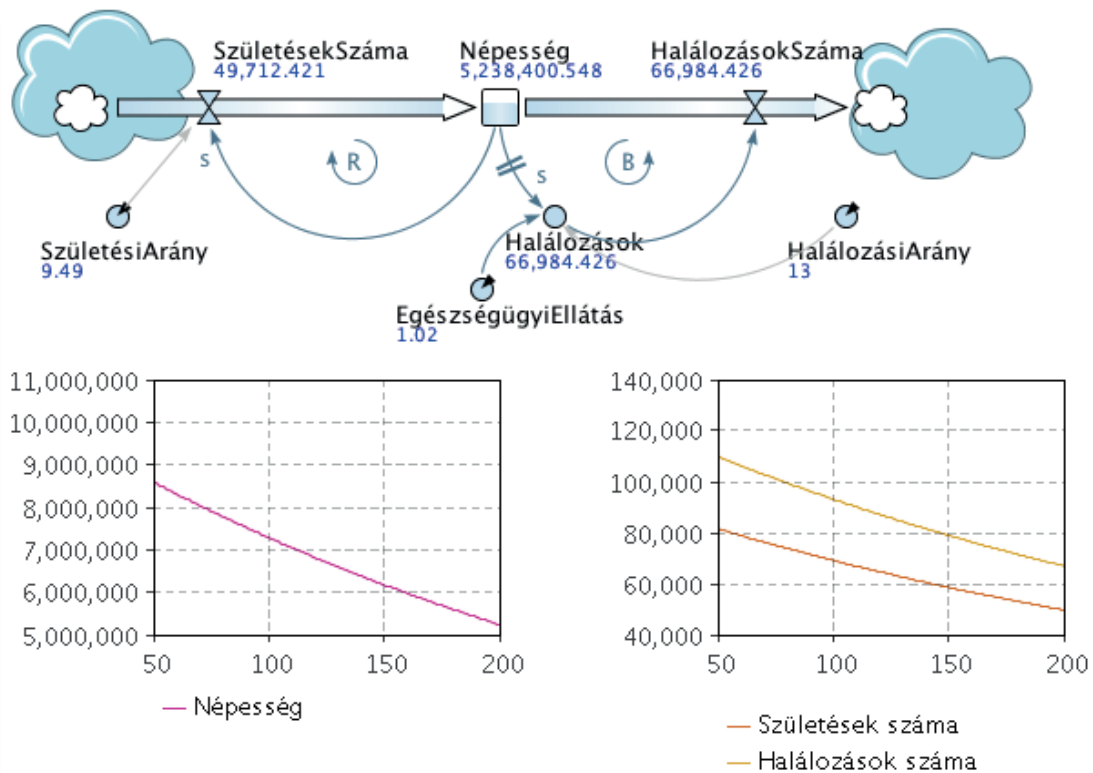
A következőkben egy klasszikus népességmodell rendszerdinamikai modelljét mutatjuk be. Az itt bemutatott eszköztár természetesen nem elegendő egy megfelelő modell elkészítéséhez, de a számunkra fontos elemeket be tudjuk vele mutatni.

A népességszám áll a modell fókuszában, ahogy az a lenti ábrán látható. A rendszerdinamikában azt, aminek a mennyiségét, állapotát mérjük, stock (készlet) változónak nevezzük, ami egyfajta állapotváltozó. Olyan, mint a fürdőkádban lévő víz szintje (vagy tömege). Ez jelen esetben a népesség. Ennek a két legfontosabb befolyásoló tényezője az azt növelő és csökkentő hatások (flow-tényezők, áramlások).⁷⁵ Esetünkben a két flow, áramlás a születések száma, az úgynevezett inflow (bemenő) és a halálozások száma, az úgynevezett outflow (kimenő) értékek (lásd az ábrát).

⁷³ Jay Forrester. Lásd később például Peter Senge vagy Dennis Meadows munkásságát is.

⁷⁴ Lásd Wilensky – Rand (2015).

⁷⁵ A stock és a flow pontosabb meghatározás, mint a készlet és az áramlás lenne, ezért ezeket a kifejezéseket használjuk.



12. ábra: A népességszám alakulására felírt egyszerű rendszerdinamikai modell és két BOT ábra

Forrás: Saját szerkesztés az AnyLogic 7.3.6 modellező programmal

Több paraméterre van szükség a feladat megfogalmazásához: *születési arány*, *halálozási arány* és *egészségügyi ellátás*. A népességet befolyásolják a születések és a halálozások, de ez a hatás kölcsönös: a népesség is befolyásolja mind a születések, mind a halálozások számát. A születéseket közvetlenül, és ezzel egy felerősítő hurok jön létre, míg a halálozásokat közvetetten, egy úgynevezett dinamikus változó (halálozások) segítségével, egy kiegyensúlyozó hurkot létrehozva. Itt a népesség késleltetve határozza meg a halálozások számát (az újszülöttek nem azonnal növelik ez esetben azt a népességszámot, amely hatással van a halálozásokra), módosítva azt az egészségügyi ellátás színvonalával. Az ábrán a két flow-változó végén a felhők azt jelzik, hogy a rendszert tudatosan lehatároltuk, de ennek a rendszernek van előzménye és következménye is, része egy nagyobb rendszernek, aminek tudatában vagyunk, de nem modellezzük.

Alatta található két BOT-diagram, ami mutatja a népesség, a születések és a halálozások számát. Az ábrákon az 50-200 év múlva várható adatokat látjuk a fenti egyszerű modell alapján. Az ábrán lévő számok a modellfutás végén (200 év) számított értékeket mutatják. Hangsúlyozzuk, hogy ez a módszertan bemutatására készített egyszerű modell.

3.1.4. Szcenáriótervezés, alkalmazás

A rendszerdinamikai modellből látható, hogy nagyon sok eleme van, és nagyon sok elemet lehet benne változtatni is. Így változtatható a cél, a struktúra, a paraméterek, a késleltetés ideje stb. A Beavatkozási lehetőségek fejezetben ezekre részletesen is kitérünk. Ezek a változtatások sokféle szcenárió, bekövetkezési lehetőséget eredményeznek. Egy ilyen modellt először kalibrálni kell, hogy illeszkedjen a valós folyamatokhoz. Azután többféle érvényességvizsgálatot lehet elvégezni, ami a modell hitelességét biztosítja. A modellben érzékenységvizsgálatot is végezhetünk: például az egészségügyi ellátás paraméter változtatásával tesztelni lehet a halálozást csökkentő intézkedések hatását a modellben. Igen kiterjedt szakirodalom foglalkozik ezekkel a módszertani elemekkel. A legjelentősebbek: Meadows (2008), Sterman (2000), Maani és Cavana (2007).

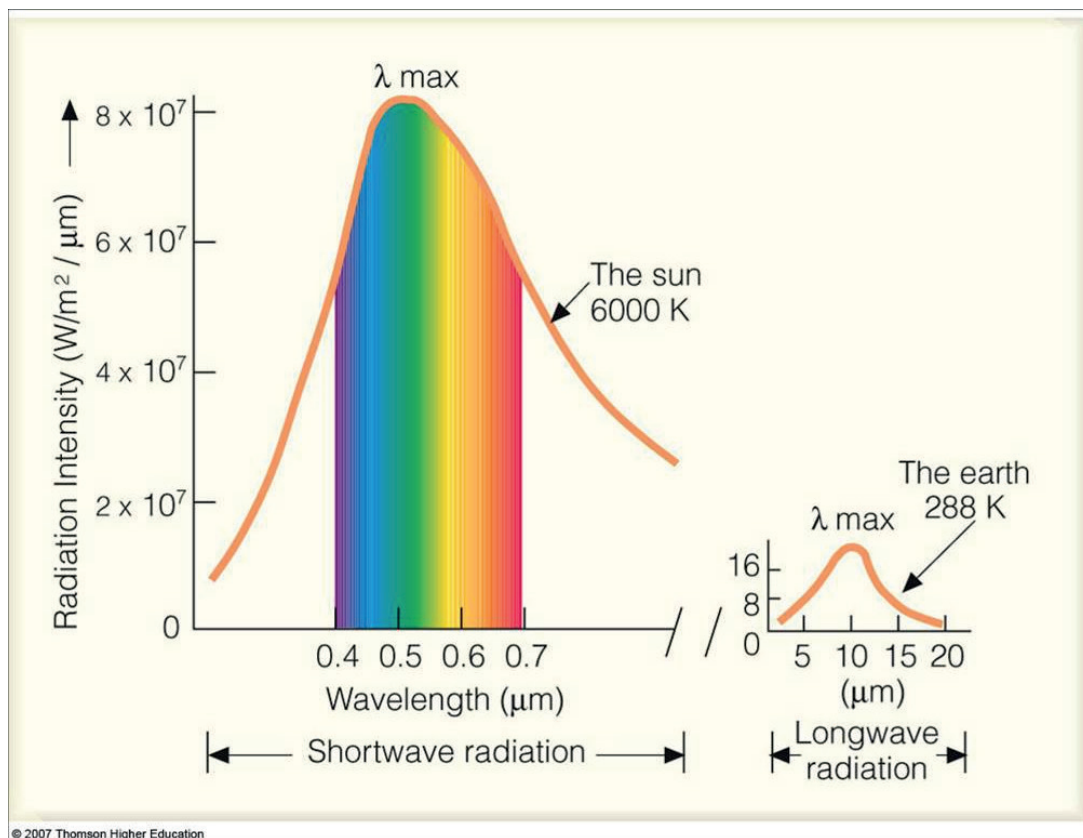
Miután a modell viselkedésével, az egyes változók hatásával a modellfuttatások során tisztába jöttünk, sor kerülhet a levont tanulságok gyakorlatba történő beépítésére.

3.2. Az éghajlati rendszer, mint rendszerdinamikai példa

3.2.1. Az éghajlati rendszer

A földi éghajlati rendszer alapvető meghatározói a Naptól érkező besugárzás, a felszín hőelnyelő és visszaverő-képessége, továbbá a légköri üvegház-hatású gázok (a továbbiakban: ÜHG-k) koncentrációja. Az üvegház-hatás nélkül a Föld átlaghőmérséklete 33C° -kal alacsonyabb lenne. Az üvegház-hatás (a továbbiakban: ÜH) lényege, hogy a hőszugárzás egy része nem tud kijutni a légkörből a világűrbe, mert bizonyos molekulák annak egy kis részét elnyelik, és a többelhető magasabb hőmérsékletet eredményez.

A Naptól érkező besugárzás felmelegíti a Földet, amely – főként éjszaka – ezen hő egy részét visszasugározza a világűrbe. A sugárzás minden hullámhosszon érkezik a Naptól, de nem egyenletes intenzitással. Van olyan hullámhossz, amelyen erősebb a beeső sugárzás, van, amelyen gyengébb. A Nap sugárzásának maximuma a látható fény hullámhosszába esik.



13. ábra: A sugárzás intenzitásának hullámhossz szerinti megoszlása (balra) és a Föld által kisugárzott hő intenzitás szerinti eloszlása (jobbra alul)

Forrás: http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter2/plank_e_sun.html (utolsó letöltés: 2018. április 18)

Ennek a hőnek egy részét olyan molekulák, amelyek képesek a hősugárzást megkötni, elnyelik és a Föld légkörében tartják, illetve a felszín felé sugározzák vissza. Ezeknek a gázoknak egy része természetes eredetű, a légkörben mindig található belőlük. Ilyen például a párolgás hatására mindig pótlódó vízpára, vagy a természetes folyamatok által kibocsátott szén-dioxid. Azonban ezek mennyiségét természetes folyamatok szabályozzák, így egy dinamikus egyensúly áll fenn a légköri koncentrációra vonatkozóan.⁷⁶

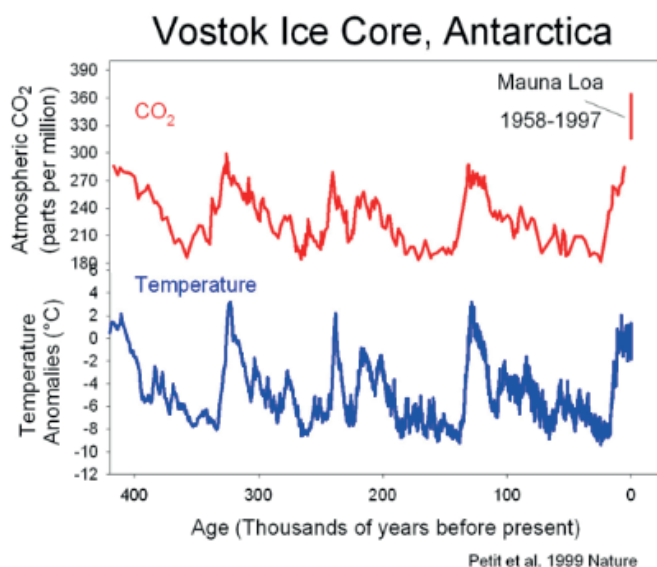
A földtörténetben voltak már jelentős ÜHG-koncentrációváltozások, amikor külső kényszer hatására ez az egyensúly felbomlott, de a természetes rendszer képes volt alkalmazkodni a besugárzás hosszú távú változásához. A jelenleg zajló változások magyarázatához viszont szükség van annak a feltételezésére, hogy annak oka emberi eredetű. Az emberi eredetű tájtalakítás és a fosszilis források felhasználása egyaránt jelentős változásokat idézett elő a légköri ÜHG-koncentrációban, főként CO₂ kibocsátással:

- az erdők visszaszorulása és irtása többek között az azokban megkötött CO₂ felszabadulásával járt együtt, továbbá megváltoztatta a szárazföldi páráképződés folyamatait,
- a fosszilis források felhasználása CO₂-többletet juttatott a légkörbe és juttat ma is, és ez a folyamat egyre gyorsul.

Az emberiség kibocsátása a földtörténeti korokhoz képest olyan ütemű, hogy a szabályozó rendsze-

⁷⁶ Christopherson (2012).

rek nem képesek vele lépést tartani. 400 ezer évre visszamenőleg a szén-dioxid-koncentráció szintjével (piros görbe) szorosan korrelál az átlaghőmérséklet (kék görbe) változása (lásd a lenti ábrát). A földtörténet során a glaciálisok (jégkorszakok) és interglaciálisok (jégkorszakok közötti időszakok) váltották egymást időről-időre, miközben a szén-dioxid-részarány sosem lépte túl a 280-300 ppm-es maximumot. Ez alól kivétel az ipari forradalom óta eltelt időszak, amely során az emberi eredetű ÜHG-kibocsátás miatt a részarány a mai 400 ppm-es szintre növekedett. Vagyis a földtörténeti múltban lezajlott változás üteme szinte eltörpül a napjainkban tapasztalható koncentráció-változás sebességéhez képest. Míg a múltban (800 ezer évvel ezelőtt) 50 év alatt legfeljebb 1,5 ppm-et változtatott a szén-dioxid koncentrációja természetes okok miatt, addig az elmúlt 50 évben ez a növekmény 60 ppm volt. A sebességbeli különbség körülbelül negyvenszeres, amire az ismert földtörténeti múltban nem volt példa.



14. ábra: A Vosztok-állomáson vett jégminta (Antarktisz) elemzéséből származó hőmérsékleti és CO₂-adatsor

Forrás: Petit et al. (1999)

Abban a tudósok elsöprő többsége egyetért, hogy a légkörbe kerülő többlet-üvegházgáz mennyiségét a bolygó nem képes kezelni (ellentétben a légkörbe kerülő tengeri eredetű és a szárazföldi bioszféra által kibocsátott CO₂-dal, amelyet megfelelően szabályozott), és hogy +2°C hőmérséklet-növekedés már kiszámíthatatlan következményekkel jár; +3-5°C felett pedig összeomolhat a civilizáció.⁷⁷

Ezekből az adatokból és összefüggésekből kiindulva fel lehet vázolni az üvegházhatás rendszerdinamikai képét. Ennek több célja és értelme is van. Először is segít még pontosabban megérteni azokat a folyamatokat, amelyek jelenleg zajlanak, másodsor rávilágíthat olyan összefüggésekre, amelyek enélkül a szemlélet nélkül nem kerülnének előtérbe. A rendszer kellő mélységű megértésében és a beavatkozások hierarchikus egymásra épülő rendszerében a rendszermodell felépítése elengedhetetlen. (Megjegyezzük, hogy ez a kép csak a megértést szolgálja, a valódi rendszerdinamikai modell ennél sokkal több elemet és kapcsolatot tartalmaz, ezért annak kibontására itt nem vállalkozhatunk.)

⁷⁷ World Bank (2012) és IPCC (2013).

3.2.2. Az üvegházhatás működésének rendszerdinamikai modellje

*Készletek (stock-változók):*⁷⁸

A légkörben két dolog jelenléte számít a mi szempontunkból, a légkörben lévő hő és a CO₂ mennyisége. Mindkettőt készletnek (stock) tételezzük fel, és vizsgáljuk a növekedésük és csökkenésük mértékét.⁷⁹

1. Hő mennyisége. A légkörben található hő mennyisége szabja meg, hogy mekkora a légkör hőmérséklete. A hő mennyiségét befolyásolja a Napból érkező besugárzás mennyisége (input) és a Földről a világűr felé kisugárzott hő mennyisége (output). A kisugárzott hőmennyiséget befolyásolja a légkörben található üvegház-hatású gázok mennyisége, ami elvezet a második készlethez.

2. CO₂ mennyisége a légkörben. A légkörben található CO₂ mennyisége befolyásolja, hogy mennyi hő csapdázódik a légkörben, azaz mennyivel nő a hőmérséklet, tehát a CO₂-nek mint készletnek hatása van egy másik készletre, a légkörben található hő mennyiségére.

Változások, visszacsatolások, késleltetések

A Föld légköréből kisugárzott hőmennyiséget alapvetően két dolog befolyásolja: egyszer az, hogy milyen meleg a légkör azon része, ahonnan a sugárzás indul és akadály nélkül (azaz elnyelődés nélkül) a világűrbe jut, mert a kisugárzott energia a hőmérséklet negyedik hatványával arányos. Mivel a kisugárzással a Földről elvitt hőenergia a kiinduló közeg hőmérsékletének negyedik hatványával arányos, nem mindegy milyen hőmérsékletű az a réteg, ahonnan az infravörös sugárzás a világűrbe indul. Másodszor: ennek a sugárzásnak a felszíntől addig a magasságig, ahonnan akadálytalanul elindulhat a világűr felé, mi, és meddig áll az útjában.

A légkörben található CO₂ mennyisége növekszik az emberi kibocsátás miatt, mert a kiürülés sokkal lassabb, mint a kibocsátás. A légkör alsó része már telítve van CO₂-vel, s ez azt jelenti, hogy ha egy 15 mikrométeres hullámhosszúságú hőfoton elindul a felszínről a légkör teteje felé, teljesen biztos, hogy út közben egy CO₂-molekula elnyeli. Miután elnyelte, 50-50% valószínűséggel felfelé, vagy lefelé bocsátja ki. Ha lefelé, a felszín elnyeli ismét, de újra ki is bocsátja, nem marad ott. Ha kifelé indul, jó eséllyel megint elnyeli egy CO₂-molekula. Előbb-utóbb azonban a legtöbb hőfoton kijut a légkörből és elindul a világűr felé. Azonban azzal, hogy egyre több CO₂ jut a légkörbe, egyre magasabbra kerül az a réteg, ahonnan a sugárzás akadálytalanul a világűr felé indulhat és felveheti az ábráról ismert függvényalakot. Viszont nagyobb magasságokon hidegebb a légkör, és a sugárzás karakterét ez a hőmérséklet nagyban befolyásolja (ezért is hívják hőmérsékleti sugárzásnak is), és a sugárzás által a Föld légköréből elvitt energia a sugárzás kiindulásául szolgáló közeg hőmérsékletének negyedik hatványával arányos. Az a többlet hő, ami azért marad itt, mert egyre feljebb van a sugárzás indulási zónája (effektív sugárzási magasság) fűti a légkört, és ez az emberi eredetű üvegházhatás lényege.⁸⁰

Összességében tehát a több CO₂ magasabb hőmérsékletet okoz a légkörben, ez tehát egy pozitív visszacsatolás. Ha több CO₂ kerül a légkörbe, akkor a melegedés elérhet egy olyan szintet, amikor az Északi-sarkvidék jége elolvad. A jég helyére víz kerül, amely sötétebb, így több hőt köt meg, tehát egy újabb pozitív visszacsatolás veszi akkor kezdetét. A sarki vizekben lévő metán-hidrátból az emelkedő tengervíz-hőmérséklet miatt a metán (CH₄) egy bizonyos hőmérséklet elérése után felszabadul és tovább erősíti a felmelegedést, ami újabb pozitív visszacsatolás.

⁷⁸ Lásd a tananyag megfelelő rendszerdinamikai részét.

⁷⁹ Természetesen nemcsak a CO₂ üvegházgáz, hanem metán, NO_x-gázok és a légkörben természetesen is jelen lévő vízpára.

⁸⁰ Hetesi (2017).

Amennyiben az emberiség felhagyna a CO₂-kibocsátással, a légköri többlet szén-dioxid lassan kiürülne, a tenger és bioszféra megkötné azt. Egy átlagos CO₂-molekula körülbelül 5 évet tölt a légkörben és egy része általában a tengerben nyelődik el. Azonban a tengerből is lép ki CO₂ a légkörbe, ami csak kicsivel kevesebb, mint az elnyelődés. Így évszázadokig eltart a többlet kiürülése; ez a rendszerben meglévő késleltetés.⁸¹ A tengerek és a szárazföldek lassabban melegszenek, mint a légkör, így a légkör többlethőjének egy része ezek melegítésére fordítódik. Így létezik a felmelegedési folyamatban egy olyan késleltetés is, hogy a lassabban melegedő tengerek és szárazföldek miatt még nincs olyan nagy hőmérséklet-emelkedés a Földön, mint amennyi az emberi eredetű CO₂ miatt várható lenne.

Az emberiség számára több jelentős beavatkozási pont áll rendelkezésre. A felsoroltak közül kettő kockázat nélküli, egy pedig kockázatos. Az utolsó két megoldás annyiban hasonlít egymáshoz, hogy az emberi eredetű CO₂ kivonását próbálja elérni.

1. A CO₂-kibocsátás csökkentése. Ez a beavatkozás a további emberi eredetű CO₂ kibocsátását akadályozza meg, azaz a helyzet nem súlyosbodik tovább, de lehet, hogy a már eddig kibocsátott CO₂ mennyisége annyira felmelegíti a bolygót, hogy a metán kiszabadul a tengerfenékről, és/vagy elolvad az Északi-sark jége, így több pozitív visszacsatolási hurok lép életbe.

2. Ezért nem elég az antropogén kibocsátást megszüntetni, hanem ki is kell vonni a légkörből az emberi eredetű szén-dioxidot:

2 a) A növényzet és a talajok segítségével meg kellene kötni és a talaj szerves anyagának növelésére kellene fordítani a CO₂-t. Ennek például egyik módja az, hogy mivel a talaj két főnövény között is élő növényzettel borított, ennek pusztulása (lehengerezés, vagy természetes téli kifagyás miatt) a talaj tetején gyarapítja a talaj szervesanyag-tartalmát. Az erdősítés, az állandó zöld borítás nemcsak a talajt gazdagítja, de adott körülmények között hektáronként 5-30 tonna CO₂ megkötésére képes, amiből az alacsonyabb érték gond nélkül elérhető a legkülönbözőbb talajokon is (Rodale Institute, 2014). Ezzel a lehetőséggel élve a Föld 1.4 milliárd hektár szántóföldjén 5-45 gigatonna CO₂-t lehetne évente kivonni a légkörből,⁸² amíg a talajok újra el nem érik maximális szervesanyag-tartalmukat, ami körülbelül 15-20 év. Pillanatnyilag ez a leggyorsabbnak ígérkező beavatkozási lehetőség.

2 b) A beavatkozás és a légköri CO₂-szint csökkentésének mérnöki megoldásait is elképzelték, amelyek során egyrészt a légkörbe jutó napsugárzás mennyiségét csökkentenék (hűtés), illetve a CO₂-tartalmat csökkentenék (kivonás). Az első esetben olyan javaslatok léteznek, amelyek a légkörbe juttatott aeroszolokkal akadályoznák meg a napsütés egy részének bejutását a légkör alsó részébe, más javaslatok tervezett vulkánkitörések hamujával oldanák meg ugyanezt. A második esetben a tengerekbe juttatott mikronos méretű vas segítségével a fitoplankton szaporodását segítenék, amely CO₂-t kötnék meg. Sajnos mindkét irány veszélyes, mert a rendszer ismerete nélkül terveznek olyan nagy léptékű beavatkozásokat, amelyek káros hatásai később nagyobbak lehetnek az esetlegesen megoldott problémánál is.

3.3. Beavatkozási pontok egy dinamikus komplex rendszerben⁸³

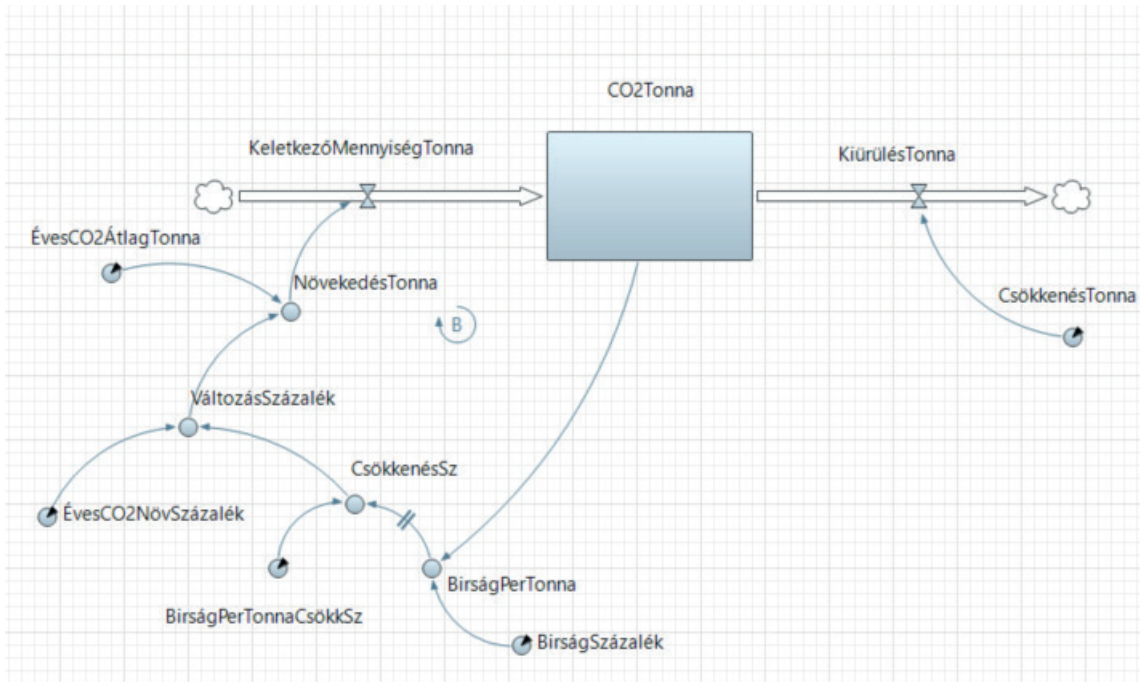
A rendszergondolkodásról szóló bevezetőben ismertettük egy rendszer rendszerdinamikai modellezését. Egy ilyen szintű modell alapján kijelölhetők azok a beavatkozási pontok, amelyek hatásosan befolyásolhatják a rendszer működését. Ebben a fejezetben ezeket a konkrét rendszerbeavatkozási

⁸¹ IPCC (2007).

⁸² Az emberi eredetű CO₂-kibocsátás 35 gigatonna/év körüli.

⁸³ A fejezethez javasolt videó: https://www.youtube.com/watch?v=jOrE66l9fyw&list=PL-f605_kNJQNDMqOln7d-7WEJiHLNY_Vv3

pontokat elemezzük, követve a Donella Meadows által javasolt tárgyalási formát és ismeretanyagot.⁸⁴ Donella Meadows tizenkettő ilyen beavatkozási pontot ismertet. A fontossági sorrend szerint a legkevésbé hatásossal kezd, onnan jut el a legvégső, azaz a leghatásosabb beavatkozási lehetőségig. Ezeknek a beavatkozási pontoknak az ismertetéséhez felhasználjuk a CO₂-kibocsátásról készített rendszerdinamikai modellt, követve a fordított sorszámozást. Használjuk a rendszergondolkodásról szóló fejezetben leírt fogalmakat is, mint a stock, flow vagy visszacsatolási hurok. Az ábrát – a könnyebb követhetőség érdekében – itt is közöljük.



15. ábra: A CO₂ légköri mennyiségére felírt egyszerű rendszerdinamikai modell

Forrás: saját szerkesztés az AnyLogic 7.3.6 modellező programmal

3.3.1. Konstansok, paraméterek

Ide tartoznak például a stock-változók induló adatai (CO₂ tonna), illetve a fekete háromszöggel ellátott szürke körökkel jelölt paraméterek. Ezek módosításával lehet változásokat elérni, néha elegendő is egy adó megemelés, amelynek hatására valamennyivel csökken a CO₂-kibocsátás, vagy hasonló szintű változtatás, de látható, hogy ez a rendszer struktúráját, illetve a fontosabb elemeket nem érinti.

3.3.2. Pufferek

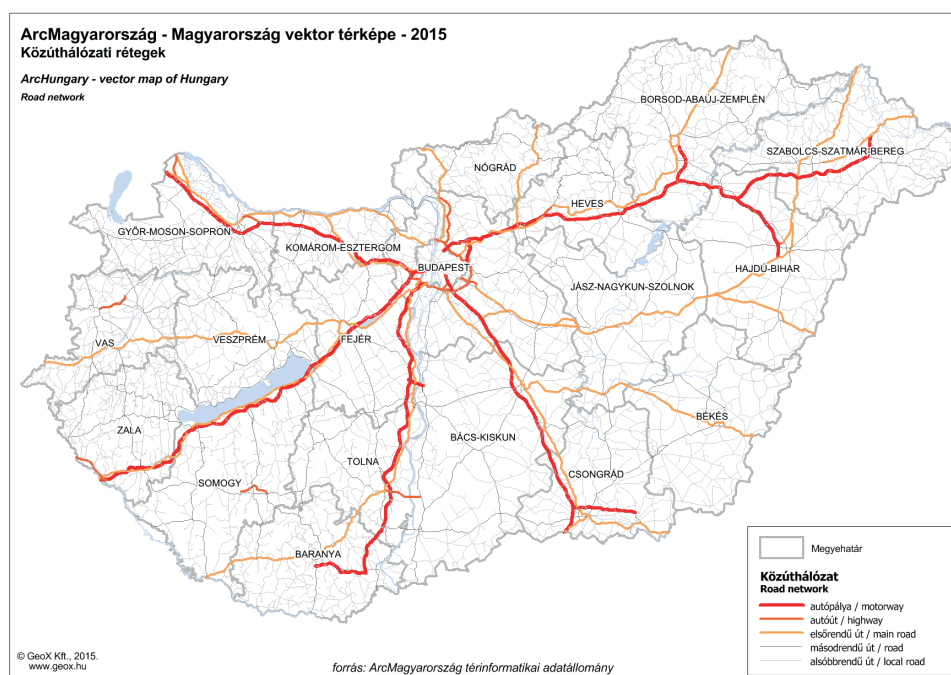
Ez a fenti ábrán a stock-változók (jelen esetben a légkör CO₂-terhelhetőségi szintje) kapacitását érinti. Itt a puffer a jelenlegi és a terhelhetőségi szint közötti különbség, ahol az utóbbi nem változtatható. Kézzelfoghatóbb példa, ha a tavakra illetve a folyókra gondolunk. A folyókba beérkező víz azonnal

⁸⁴ Meadows (2008) 5–6. fejezet.

növeli a folyó méretét, nincs külön tárolókapacitás előtte, így a folyókatasztrófák gyakoriak. Amennyiben egy tóba érkező vizetről van szó, ott a tónak – általában – elég helye van ahhoz, hogy kezelni tudja a fölös vízmennyiséget, és ezzel megakadályozhatók a nagyobb katasztrófák. Így a pufferkapacitás szabályozása hatásos eszköz lehet például egy raktárkészlet esetén is. A puffer szükséges mérete függ az in -és outflow egymáshoz viszonyított nagyságától (az ábrán az inflow a keletkező mennyiség tonna, az outflow a kiürülés tonna).

3.3.3. Stock és flow struktúra

Itt már szerkezeti megoldásokról van szó: mi mivel van kapcsolatban, mit tekintünk a rendszer szempontjából fontos elemnek, azok hogyan kapcsolódnak egymáshoz. Erre példa Magyarország Budapest-központú út (és vasúti) hálózata. Ez az úthálózat lehetne decentralizált is, például nagyvárosorientált hálózati rendszerstruktúrával, ahol a nagyvárosok körül kisebb decentralizált hálózatok alakulnának ki. Ez az útszervezési szerkezet hat a gazdasági, társadalmi mozgásokra, fejlődésre is. A CO₂-kibocsátás modellezése esetén a modellt számtalan más módon, más struktúrában fel lehetne építeni.



16. ábra - Magyarország közúthálózata

Forrás: <http://www.geox.hu/termek/magyarorszag-vektoros-terkepe/arcmagyarorszag-terkep-reszletes-tartalma/attachment/arcmagyarorszag-uthalozat-terkep-2015-4/> (utolsó letöltés: 2018.01.26)

3.3.4. Késleltetések

A késleltetés azt jelenti, hogy egy adott ok-okozati kapcsolat nem azonnali, hanem egy bizonyos idő múlva fejt ki az ok a hatását. A fenti CO₂-kibocsátást modellező ábrán egy késleltetés van, a bírság nagyságának meghirdetése és az annak hatására hozott technológiai újítások között. Minden rendszerben sok függ a reagálás sebességétől, ahol a sebesség relatív: függ a rendszer egészének ciklusai-

tól, sebességétől. Egy másik példa: A halászat fogási dinamikájának alakulása során is sok függ attól, hogy milyen gyorsan (és mennyire pontosan) jut az érdekeltek tudomására a halállomány állapota.

3.3.5. Kiegyensúlyozó visszacsatolási hurok

A kiegyensúlyozó hurkok biztosítják a rendszer stabilitását azzal, hogy a megerősítő hurkok ellen hatnak. A rendszer szempontjából önkorlátozó. Ilyen visszacsatolás működik a termosztátban, amikor állandó hőmérsékletet tartunk egy szobában. A fűtés bekapcsol, ha nagyon hideg van és kikapcsol, ha meleg van. A világpiacon a termékárak stabilitását is ilyen hurkok biztosítják: egy termék keresletének a hiánya az árak csökkenéséhez, a termékhiány pedig az árak növeléséhez vezet. Fontos a hurok erőssége a rendszerben lévő megerősítő hatásokhoz képest. Ez mind a termosztát, mind a termékár szempontjából biztosított, de ez nem minden esetben van így. A halászatnál például a bevezetett szabályozások nem olyan erősek, mint amilyen hatást a megerősítő hurkok (például a halással foglalkozó nagyvállalatok nyereségességének biztosítása) kifejtenek.

3.3.6. Megerősítő visszacsatolási hurok

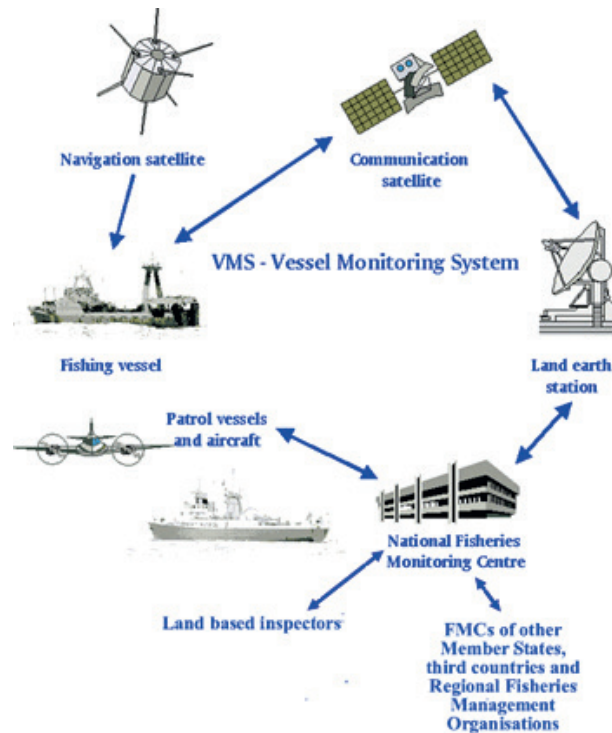
A megerősítő hurkok egy szinttel fontosabbak, mint a kiegyensúlyozó hurkok, hiszen szükségszerűen megelőzik azokat: egy már előzőleg keletkezett, meglévő (jelentős) eltérés egyenlítődik ki. A megerősítő hurkok a rendszer motorjai; önmagukat erősítik a rendszeren belül. Például minél több ember kap el egy vírust, annál több fogja majd tőlük elkapni (a felfutási fázisban), vagy minél több terméket vásárolnak, az annál ismertebb lesz és annál többen fogják vásárolni. Amennyiben ez káros folyamat, úgy fontos az ezt ellensúlyozó kiegyensúlyozó hurkok megerősítése, mint például az új-zélandi kvótatörvény, amely a halállomány tényleges nagyságára vonatkozó biológiai kutatásokkal alapozza meg kvótákat.⁸⁵ A piaci szabályozás ugyanis itt éppen az ellenkező hatást fejt ki: minél kevesebb a hal, annál kevésbé elégíthető ki a kereslet, annál magasabbak az árak, tehát nagyobb a motiváció a még több hal kifogására.

3.3.7. Információ-áram (flow)

Az információ sokszor nagyobb hatást fejt ki, mint a fizikai szerkezet. Fontos, hogy ki fér és ki nem fér hozzá az információhoz, illetve hogy mikor. Donella Meadows leírja a holland sorházak esetét, ahol az egyes házak áramfogyasztása közötti 30%-os különbséget arra vezették vissza, hogy a fogyasztásmérő a pincében, vagy a nappaliban volt.⁸⁶ Az utóbbi esetén állandóan látták a növekvő számokat (azonnali visszacsatolás). Egy olyan környezetszennyező vállalatnak, aki tiszta vizet használ (input) és a mellette lévő folyót szennyezi (output), igen sok információ-visszacsatolás hiányzik ahhoz, hogy megértse döntésének a rá nézve is káros voltát. Ezt a folyamatot jelentősen le lehetne rövidíteni akkor, ha ez a szennyezett víz (output) azonnal visszakerülne hozzá, mint input.

⁸⁵ Maani – Cavana (2007) 154.

⁸⁶ Meadows (2008) 109.



17. ábra: Az EU halászati ellenőrző rendszere

Forrás: https://ec.europa.eu/fisheries/cfp/control/technologies_hu (utolsó letöltés: 2018. január 26.)

3.3.8. Szabályok

A szabályok meghatározzák a rendszer kereteit, lehetőségeit, korlátait. Ide tartoznak az ösztönzők, büntetések, korlátozások. Ha egy gyengén fejlett gazdaságot kényszerítenek az importvámok eltörlésére, akkor az tovább gyengítheti a gazdaságot, mert a saját termékeit nem tudja eladni megfelelő áron. Ha törvénybe iktatják, hogy az ország termőföldjei nem eladók, akkor ez legalábbis lelassítja a folyamatot. Az az igazi hatalom, ha valakinek befolyása van a szabályok alkotására. Amennyiben a szabályalkotásba beleszólhatnak a nagyvállalatok, nyilván olyan szabályokat hoznak, amik nekik kedveznek. Ha ők biztosítják a szabályalkotó szervezet működését, akkor ennek az esélye még nagyobb.

3.3.9. Önszerveződés

Egy önszerveződő rendszer képes arra, hogy maga alakítsa ki a fentebb tárgyalt összes tényezőt, például a 10-es pontban bemutatott stock és flow struktúrát, így ez sokkal erősebb beavatkozási pont az összes előzőnél. A DNS ilyen önszerveződő egység, de ilyen egy egyetem és egy társadalom is. Az immunrendszerünk nem működhetne olyan jól, ha nem önszerveződő lenne. Az önszerveződés erőssége azonban azon is múlik, hogy van-e miből dolgozni, ezért fontos a rendszeren belül a (biológiai, kulturális) diverzitás. A standardizálási folyamatok (például ültetvény-erdők, egyféle kultúra) ez ellen hatnak. A szubszidiaritás elve is ezt erősíti: minél közelebb hozzák a döntéseket a probléma felmerülése helyszínéhez, annál nagyobb az esély, hogy a nagy rendszerben nő az önszerveződés foka.

3.3.10. Célok

Egy rendszer működését a – tényleges – célja határozza meg. Egy önszerveződő rendszer is a rendszer céljainak megfelelően szervezi önmagát. Egy vállalat célja ritkán a „minél több profit”, hiszen ezt a célt több, konkrétabb célon keresztül éri el, mint például a piaci részesedés növelésével. Egy cél lehet olyan, ami nem a rendszer érdekeit képviseli (lásd a Rossz cél követése archetípust a következő fejezetben).

3.3.11. Paradigmák

Ezek mélyen gyökerező, általánosan elfogadott nézetek, mint például „a növekedés jó”, „a természet emberek számára átalakítandó erőforrás”. Ezek a nézetek befolyásolják a céljainkat, például egy ország számára a GNP növelését, vagy egy vállalat számára a növekedési célt. A paradigmák nehezen változnak. Ilyen változás lehet annak a felismerésnek az általánossá válása, miszerint a kultúra meghatározó a természet-ember viszonyának szempontjából, és hogy a helyi tudás kiemelten fontos annak megértésében, hogy a természet mivel járul hozzá az emberek jólétéhez.⁸⁷

3.3.12. Paradigma-nélküliség

Ha ismernénk az „egyetlen igazságot”, akkor rájönnénk, hogy mindegyik paradigma torzít valahol. Ez az ismeret nem várható még az általunk távolinak nevezett jövőben sem, tehát egyelőre a paradigmáinkat igazítsuk egyre inkább egy fenntartható jövő felé.

A fenti beavatkozási pontokból a 12-10 a fizikai szerkezetre vonatkozik, utána a beavatkozási lehetőségek áttérnek az információtartalomra, azok hiányára vagy sebességére (9-6). A szabályokkal (5), szabályalkotással már rátérünk arra a globalizált világra, ahol egy vagy több kontinensre is kiterjedő szabályozás döntően befolyásolhatja a világgazdaság, így a világ sorsát is, ilyenek lehetnek a nemzetközi egyezmények, például az Egyesült Államok és az Európai Unió között tervezett Transzatlanti Kereskedelmi és Beruházási Egyezmény (TTIP). Az utolsó három beavatkozási pontot már a paradigmák uralják, a célok általában a paradigmák megnyilvánulásai.

3.4. A Húsvét-sziget ökológiai katasztrófájának rendszerszintű elemzése a rendszer-archetípusok segítségével

A rendszergondolkodásról szóló bevezetőben láttuk, hogy egy rendszer elemzésére általában akkor kerül sor, ha valamilyen probléma, rendellenesség merül fel a rendszer viselkedésében. Ezek a problémák általában csoportosíthatók jellegük szerint, ezért alkották meg a problémák archetípusait.⁸⁸ Ebben az esetben az archetípusokra már léteznek „orvoslási módszerek”. Sokszor egy rendszer esetében többféle problémafigyelhető meg, így többféle archetípust is azonosíthatunk. A Húsvét-sziget példája (lásd a tananyag történeti áttekintési részében) pontosan ilyen példa. Ebben a fejezetben a

⁸⁷ Ez az úgynevezett NCP koncepció (Nature Contribution to People). Lásd Díaz et al. (2018).

⁸⁸ Lásd Meadows (2008).

rendszer-archetípusokon keresztül vizsgáljuk meg a húsvét-szigeti társadalom összeomlásához vezető okokat. A rendszerarchetípusokat a Donella Meadows által javasolt tárgyalási formában és ismeretanyag segítségével adjuk meg.⁸⁹

A következő archetípusokat ismertetjük (zárójelbe odaírjuk az angol megfelelőjét a további kutatások megkönnyítése végett):

1. tüneti kezelés (fixes that fail)
2. a közlegelők tragédiája (the tragedy of the commons)
3. erodálódó célok (drift to low performance)
4. eszkaláció (escalation)
5. siker a sikereseknek (success to the successful)
6. teheráthárítás – rárakjuk a terhet a beavatkozóra (shifting the burden to the intervenor)
7. szabálykerülés (rule beating)
8. rossz cél követése (seeking a wrong goal)
9. a növekedés határai (limits to growth)

3.4.1. Tüneti kezelés

Ezt az archetípust a rendszergondolkodási bevezetőben már röviden elemeztük. Donella Meadows ennek az archetípusnak a megjelenését leginkább azokban a helyzetekben látja, amikor egy rendszer ellenáll a szakpolitikai intézkedéseknek (policy resistance), mivel olyan sok érdek merül fel a rendszerben, hogy az egyes szereplők érdekeinek megfelelő szabályozás általában csak messzebb visz a rendszer szempontjából optimális megoldástól. Egyes problémákat ugyan megold, de másokat megfelerősít. A Húsvét-sziget esetében a széthúzó érdekekről nincs tudomásunk, de a tüneti kezelésekre utaló nyomokról igen. A fahiány tudatosulása után például átváltottak a halottak hamvasztásáról a temetésre, illetve a táplálékhiány jelentkezésekor a tyúktenyésztésre. Ezek természetesen nem oldhatták meg az alapvető problémákat.

Egyéb példák a mindennapok területéről: a drogterjesztés. Más az érdeke a rendőrségnek és az utca emberének, akik vissza szeretnék szorítani a drogfogyasztást. Ugyancsak más az érdeke a drogtermesztőknek, a fogyasztóknak és a terjesztőknek. Ilyenkor az egyik oldal érdekében hozott intézkedések gyengítik a másik oldal pozícióját. Másik példa lehet a halászat. Más az érdeke a tengerparti településeken élőknek – mind a halászoknak mind az ottélőknek – valamint a tenger (óceán) halállományának. Ezek nagyjából egybe esnek: annyi hal kifogása, ami nem veszélyezteti a halállományt, biztosítja a települések jövedelmét és étkezését. Más az érdeke a szárazföld belsejében élő nagyvárosok lakóinak, a nagy halászhajók gyártóinak és a nagyvállalatoknak, akik a lakosok haligényét kielégítik. Ezen a szinten a minél kisebb befektetéssel minél több hal kifogása a cél az alacsony ár és a nagy mennyiség biztosítása érdekében.

Beavatkozási lehetőség: Az összes érdekelt egybehívása és közös megoldáskeresés – amennyiben lehetséges. Az új-zélandi halászat esetén ezt egy kvóta-menedzsment-rendszerrel próbálták orvosolni, ahol a halászat bevételeiből finanszírozták azokat a kutatásokat, amelyek meghatározták a következő évi kvótákat.⁹⁰ A Húsvét-sziget esetén a klánok közösen talán megoldásra jutottak volna.

⁸⁹ Meadows (2008) 5. fejezet.

⁹⁰ Maani – Cavana (2007) 154.

3.4.2. A közlegelők tragédiája

A közlegelők tragédiájának archetípusa a „névadó” történetből érthető meg legjobban. Ezt az archetípus jelentősége miatt részletesebben kifejthetjük.

Egy meghatározott méretű legelőre tíz tehenes gazda egy-egy tehenet hajt ki, ahol azok mindig találnak elegendő élelmet, mivel hagynak időt a legelő regenerálódására. Tehenenként tíz liter tej a hozam, tehát összesen száz liter. Ekkor valamelyik gazda úgy véli, hogy nem történik károkozás, ha ő két tehenet is kihajt arra a legelőre, hiszen még mindig lesz bőséges táplálék. Azt nem tudja/tudhatja, hogy ez esetben a legelő már nem tud teljes mértékben regenerálódni, így már nem lesz száz liternyi tejhez elegendő. Az első után a többi gazda is kihajt egy-egy második tehenet a legelőre, tovább csökkentve a legelő regenerálódási lehetőségét. Amennyiben ez a folyamat ennek megfelelően folytatódik, úgy a legelő kapacitása egyre kisebb lesz, és a tehenek elpusztulnak – esetleg a gazdáikkal együtt. A következő táblázat mutatja be a folyamatot.

3. táblázat: a tehenek száma és a legelő hozama

Tehenek száma	Egy tehén hozama (l)	Kétehenes gazda	Összes tej (l)
10	10	0	100
11	9	1	99
12	8	2	96
13	7	3	91
14	6	4	84
15	5	5	75
16	4	6	64
17	3	7	51
18	2	8	36
19	1	9	19

Forrás: Saját szerkesztés

Látható, hogy miközben mind többen terelnek még egy tehenet a legelőre, az összes tejhozam csökken és mégsem tehetnek mást, ha nem akarnak lemaradni. Versengő helyzetben még akkor is felbukkan egy-egy új tehén a legelőn, amikor már két tehénnel sem éri el a tej egy gazdánál a tíz literes hozamot (tizenöt tehén után).

A helyzetet a valóságban mindig nehezíti, hogy a gyakorlatban igen gyenge a visszacsatolás az erőforrás állapota és azok között a döntéshozók között, akik használják ezt az erőforrást. A Húsvét-sziget egésze egy ilyen közlegelő, és egy klán szoborállítási faigényét talán ki tudta volna elégíteni, de az összesét már nem.



18. ábra: A kopár Hús-vét-sziget

Forrás: <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=356011> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

Egyéb példák: az (öko)turizmus helyszínei, ahol a sok látogató tönkre teheti az adott ökológiai rendszert. Vagy például a szén-dioxid-kibocsátást tolerálja a természet egy bizonyos szintig, de egy adott vállalkozás nem látja, hogy az ő bekapcsolódása mit jelent a rendszer számára.

Beavatkozási lehetőség: az egész rendszer működésének megismertetése a résztvevőkkel, így lehetővé válik az egyéni és csoportérdekek összehangolása. Elinor Ostrom ezirányú tevékenysége döntő szerepet játszott abban, hogy 2009-ben Nobel-éremet kapott. A Hús-vét-sziget esetén a veszély korai felismerése összehozhatta volna a klánokat a szigetre vonatkozó információk közös megbeszélésére és közös döntéshozatalra, különös tekintettel arra, hogy az egyenlőtlen erőforrás-eloszlás miatt amúgy is megosztották erőforrásaikat.

3.4.3. Erodálódó célok

Az egyre gyengébb teljesítményt gyakran azzal próbálják megoldani, hogy a kitűzött célokat igazítják a teljesítményhez, hogy azok is megfelelőek legyenek. Ezzel azonban a teljesítmény ismét romlik és a célokat még lejjebb kell vinni, kialakítva egy visszacsatolási hurkot. A Hús-vét-szigeten valóban erodálódtak a célok, például a nyílt vízi halak helyett a partközeli halak fogyasztása, de ezt nem a lustaság vagy kényelmesség hozta magával, hanem a kényszer. Az eredeti archetípus esetén a gyengébb teljesítményt akarják ezzel megoldani és megvan a lehetőség az eredeti cél tartására.

Példák: a vállalati célkitűzésekben szereplő piaci részesedés csökkenése esetén alacsonyabb piaci részesedést tűznek ki célként a következő időszakra. Ennél fogva az ezirányú erőfeszítések is kisebbek lesznek, ami ismét alacsonyabb piaci részesedést illetve célkitűzést eredményez. Munkanélküliségi ráta: az USA-ban a hatvanas években a célként kitűzött munkanélküliségi ráta 4% volt. A nyolcvanas évekre ez az arány felment 10%-ra, így a célkitűzés módosult 6-7%-ra.⁹¹

Beavatkozási lehetőség: tartsuk szinten az elvárásokat, célokat, és fordítsuk az energiákat a teljesítmény növelésére. Látható, hogy a Hús-vét-szigeten a körülmények faragták le a célokat nem az emberek – ők a körülményeket faragták le.

⁹¹ Senge (1990) 124.

3.4.4. Eszkaláció

Eszkaláció akkor fordul elő, ha a versenyző felek megpróbálják felül -vagy alulmúlni egymást. Exponenciális növekedést/csökkenést jelent, tehát van egy megerősítő hurok, ahol az ütem egyre gyorsabb. Amennyiben a cél jó, úgy az eszkaláció jelensége hasznos is, de – mint említettük – az archetípusok azért születtek, mert valamilyen problémátípust járnak körül. A folyamat gyakran végződik az egyik fél összeomlásával, tönkremenetelével. Erre nagyon jó példa a klánok versengése az egyre nagyobb szobrok állításával.

Egyéb példák: Klasszikus példa a 20. században az USA és a Szovjetunió közötti fegyverkezési hajszája. Ilyen lehet a vállalatok közötti árverseny is, ahol egyre alacsonyabb árat ajánlanak a vállalatok a másik kiszorítása érdekében. A közlegelők tragédiája is megemlíthető itt, hiszen – bár a tehének száma lineárisan növekszik – a legelő regenerálódása hiányában az összes tejhozam is exponenciálisan csökken.

Beavatkozási lehetőség: idejekorán vegyük észre ezt a csapdát és ne lépünk bele, minél hamarabb lépünk ki belőle. Ezt a csapdát észre kellett volna venniük a Húsvét-sziget klánjainak.

3.4.5. Siker a sikereseknek

Amennyiben egy verseny győztesének a jutalma olyan jellegű (például pénzjutalmak), amiből tovább tudja magát fejleszteni, úgy a legjobbnak biztosítjuk a legnagyobb fejlődési lehetőséget és megvan a lehetősége arra, hogy még sokkal jobb legyen az ellenfeleinél. Nem tudunk arról, hogy a Húsvét-sziget legnagyobb szobrot felállító klánjának sok haszna lett volna ebből – hacsak annyi nem, hogy vezető szerepük erősödhetett,⁹² így ez az archetípus nem jellemző ebben az esetben.

Példák: sportversenyen a legjobb(ak) kap(nak) pénzjutalmat. A piaci verseny: a legjobbak szerzik a legnagyobb profitot, ebből többet tudnak fejleszteni és még erősebbek lesznek.

Beavatkozási lehetőség: pénzdíj esetén a jutalmakat el lehet osztani a résztvevők között. Jogszabályokkal lehet védeni a piaci résztvevőket. Ilyen például az antitröszt-törvény, ami igyekszik megakadályozni az egyes vállalatok egyeduralmát, de lehet jogszabályokkal gyengíteni a legerősebbeket és erősíteni a gyengébbeket. Az adózási rendszerben ilyen megoldás a progresszív adózás rendszere.

3.4.6. Teheráthárítás - Ráarakjuk a terhet a beavatkozóra

Amennyiben egy rendszerben felmerülő rendellenesség megoldása az, hogy egy erősebb szereplő átvállal bizonyos feladatokat a rendszer megfelelő működése érdekében, akkor ezzel függővé teszi azokat a szereplőket, akitől a feladatot átvállalta, és onnantól a teher a beavatkozón van. Ez az egyik leggyakoribb archetípus. Bár a Húsvét-szigeten öt klán üzemeltetett kőkereteket, amik ellátták a szoborállító munkásokat, de ez volt a munkások fizetsége, így ez nem tartozik ebbe az archetípusba.

Példák: nyugdíj, öregek gondozása. A családoktól az állam lassan átvállalta az öregek gondozását, ellátását, így a legtöbb családnál erre már sem pénz, sem készség nincs. Oltások: régebben a gyerekek szervezete kifejlesztette magában a szükséges védekező mechanizmusokat, amire az oltások révén már nincs szükségük. Mezőgazdaság: az élelmiszer-előállítás az USA-ban erősen központosították, így

⁹² Diamond (2005) 107.

azok száma, akik képesek élelmiszert termelni, jelentősen csökkent. Energia: az energiaellátásunkat a fosszilis energiahordozókra bízunk és háttérbe szorítjuk az egyéb energiaforrásokat.

Mindezek a problémák akkor jelentkeznek élesen, ha a beavatkozó nem tudja tovább ellátni a feladatát, tehát nem lesz pénz nyugdíjra, vagy kimerülnek a fosszilis energiaforrások. Ebben az esetben nincs meg már az a készség, ami az öregek ellátásához, illetve az energia egyéb formáinak az alkalmazásához szükséges.

Beavatkozási lehetőség: Azonosítsuk a rendszerben ezt a jelenséget és fokozatosan építsük le a terhet a beavatkozóról a rendszer többi szereplőire. A rendellenesség kialakulását is megelőzhetjük azzal, hogy a jelenség észlelésekor nem átvállaljuk a terheket, hanem megerősítjük az egyes szereplőket.

3.4.7. Szabálykerülés

A célok elérés érdekében (jog)szabályokat, törvényeket hoznak. Ezeket a szabályokat nem minden esetben tudják úgy megfogalmazni, hogy bizonyos szereplők ne csak szabályok betűi szerint, hanem a szabályok szellemében járjanak el. Így lehet, hogy többet ártanak az adott célnak, mint a jogszabály nélkül tennék. A Húsvét-szigetről nincsenek olyan szintű információink, hogy erre példát találjunk.

Példa: az USA-ban a veszélyeztetett fajok törvénye (Endangered Species Act) korlátozza egy adott területen a fejlesztéseket (például építkezések), ha azon a területen veszélyeztetett fajok élnek. Így néhány földtulajdonos kiírta a veszélyeztetett fajokat, ami után már építhet, hiszen megfelel a törvénynek.

Beavatkozási lehetőség: elsősorban az etikai szint növelése lehetne, de ennek hiányában pontosabban kell megfogalmazni a jogszabályokat.

3.4.8. Rossz cél követése

Egy rendszer céljának teljesülését bizonyos indikátorokkal mérik. Itt rögtön két nehézség is jelentkezik: egy rendszer céljának megfelelő kitűzése és jó indikátorok kiválasztása. Nem megfelelő cél esetén lehet, hogy sikerül elérni a kitűzött célt, a rendszer mégis rossz irányba megy. Amennyiben az indikátor rossz, akkor hiába teljesítik őket, nem a rendszer céljai teljesülnek. Ez talán a legerősebb archetípus a Húsvét-szigeten: a cél minél nagyobb szobrok építése volt és nem a fenntartható életmód kialakítása. Erre pedig nagy figyelmet kellett volna mindenképpen fordítani, mivel a sziget – jellemzőit tekintve – igen sérülékeny volt a rajta lévő növényzetet és élővilágot tekintve.

Egyéb példák: jó cél, rossz indikátorra, az oktatás. Amennyiben a cél az oktatás fejlesztése, lehet az indikátor az egy diákra jutó pénzösszeg. Ezzel azonban csak azt mérjük, hogy egy diákra mennyi pénz jut, és nem az oktatás minőségét. Rossz cél: sok társadalom a GNP növelésében látja a társadalom (a gazdaságon keresztül) alapvető célját, így annak növelését tűzi ki célul és nem például az igazságosság vagy az erkölcs fejlődését. [„A GNP (...) mindent mér, kivéve azokat a dolgokat, amelyek az életet értékessé teszik”]⁹³ Ez azonban nem teljesen helytálló így, mivel Drakopoulos (2008) kutatásaiból kiderül, hogy a GNP által is mért fizikai gyarapodás egy darabig fontos, azután már sokkal kevésbé (lásd a lenti ábrát).

⁹³ Meadows (2008) 139.



19. ábra: A jövedelem és az étellel való elégedettség ábrája

Forrás: Drakopoulos (2008)

Beavatkozási lehetőség: a rendszer ismeretében körültekintően fogalmazzuk meg a célokat és a hozzá rendelt indikátorokat is. A minél nagyobb szobrok állítása párhuzamba állítható a minél nagyobb gazdasági eredmény elérésével, egyik sem az erőforrások ésszerű kihasználására, illetve a lakosság hosszú távú jólétére figyel.

3.4.9. A növekedés határai

Egy folyamat öngerjesztő módon felgyorsított növekedést hoz létre, ezután a növekedés kezd lassulni és végül megáll, vagy egyenesen a visszájára fordul és csökkenni kezd – összeomlik. Ebben a folyamatban van egy exponenciális növekedés és egy olyan fizikai korlát, amit nem lehet átlépni. A Húsvét-szigeten a faállomány és ezzel összefüggésben a talaj állapota volt ilyen korlátozó tényező.

Egyéb példák: a fosszilis üzemanyagok felhasználása, aminek a nagyarányú növekedés után most a „nemnövekedésnek” vagyunk tanúi. A globális növekedés hatáiról lásd a tananyag ide vonatkozó részét.

Beavatkozási lehetőség: mind a növekedési, mind a korlátozó tényezőt kezelni kell. Ha lehet, oldjuk fel a korlátozást, keressünk helyettesítő termékeket, anyagokat de figyeljünk a növekedés ütemére is. Ha lehet, vegyük ki a megerősítő folyamatot a rendszerből. A Húsvét-sziget esetén a megerősítő folyamat a szoborépítés volt, amit idejekorán ki kellett volna venni a rendszerből. A fahelyettesítő módszereket (például temetkezés) is akkor kezdték el, amikor már kényszer volt, és nem akkor, amikor még a folyamatok esetleg visszafordíthatók lettek volna.

A Húsvét-sziget példája azért fontos számunkra, mert több vonatkozásban párhuzamok fedezhetők fel a Föld bolygó sorsával.

4. KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG, KÉK GAZDASÁG, LOKÁLIS MEGOLDÁSOK, JÓ PÉLDÁK

4.1. Kék gazdaság, körforgásos gazdaság⁹⁴

Az, hogy a világ jelenlegi fejlődése nem fenntartható, már nem csak a tudósok, de a politikusok számára is nyilvánvaló. Már 1983-ban megalakították a Környezet és Fejlesztés Világbizottságot (World Commission on Environment and Development = WCED), amely 1987-ben kiadott egy jelentést, ahol meghatározták a fenntartható fejlődés fogalmát (WCED, 1987). Ennek értelmében a társadalom, a gazdaság és a környezet egymással harmonizáló fejlesztésére van szükség. Azt azonban, hogy hogyan kellene ezt megvalósítani, nem lehet ilyen egyértelműen megfogalmazni, hiszen a megvalósítók a saját értelmezésük szerint tudják csak a konkrét lépéseket megtenni. Így például az üzleti élet ezekben az időkben nem akarta feladni a – fizikai értelemben vett – növekedés fogalmát, számukra a fenntartható fejlődés fenntartható növekedést jelentett.⁹⁵ Ez különösen alkalmas a fenntarthatóság félreértelmezésére, mivel a fejlődés minőségi, míg a növekedés fizikai gyarapodást jelent. Rockström és munkatársai tanulmányukban megállapítják, hogy több, a bolygó fenntartóképességének, tehát a bennünket fenntartó ökológiai rendszerek szempontjából fontos határt már átléptünk, azaz az eddigi fenntarthatósági értelmezésünk, cselekedeteink egyáltalán nem kielégítőek (lásd bővebben a bolygó korlátairól írott részt).⁹⁶ Olyan gazdaságra lenne szükség, amely szervesen épül az ökológiai rendszerekre, és azok figyelembe vételével alakítja ki működési formáit. Ilyen gazdasági forma például a kék gazdaság.⁹⁷

4.1.1. A kék gazdaság

A kék gazdaság célja, hogy a kék bolygó számára egy olyan gazdaságot hozzanak létre,⁹⁸ ahol az alap az ökológiai rendszerek, és az arra szervesen felépülő gazdaság lesz majd kék gazdaság. Az elmélet mögötti racionalitás az, hogy fizikai szinten mindenben függünk az ökológiai rendszerektől. Perman szerint a természet négy fontos szolgáltatást nyújt az ember számára:⁹⁹ biztosítja a nyersanyagokat, az energiaforrásokat (nap, szél), elnyeli és feldolgozza az általunk termelt hulladékot és a jó érzés, regenerálódás forrása is (amenity service). További nagyon fontos elem, hogy a természeti rendszerek sokszor több millió éves, garantáltan jól működő rendszerek, tehát az általuk alkalmazott megoldásokban meg lehet bízni. Amennyiben az ökológiai rendszerek erőforrásait használjuk, úgy

⁹⁴ A fejezethez javasolt videó: <https://www.youtube.com/watch?v=fIMvwi6jR8o> (kék gazdaság); <https://www.youtube.com/watch?v=40aaQZG4Z2w> (körforgásos gazdaság)

⁹⁵ Holliday et al. (2002)15.

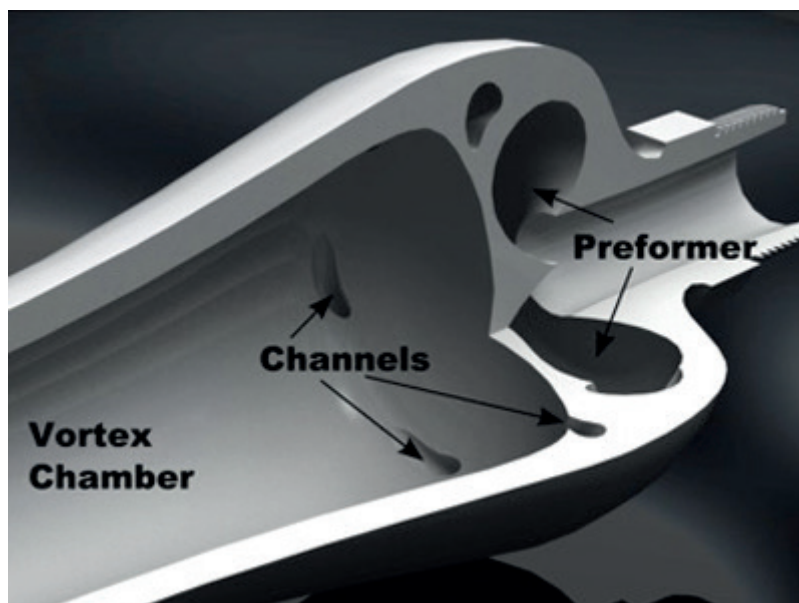
⁹⁶ Rockström et al. (2009).

⁹⁷ Pauli (2010).

⁹⁸ Pauli (2010) 278.

⁹⁹ Perman et al. (2011) 17.

nem merítjük ki azokat, hanem folytatólagosan rendelkezésre állnak (lásd például a tankönyv Las Gaviotas példáját). A kék gazdaság innovációi¹⁰⁰ közé azokat számítjuk, amelyek tudományos alapokon állnak, tehát mindenki számára bizonyítottan működőképesek lehetnek. Mivel általában az alrendszerrel (víz, erdő stb.) állnak kapcsolatban, így platform-innovációknak számítanak, azaz a ráépülő rendszereket is forradalmasíthatják. Egy példa a vortex-technológia (lásd az alábbi ábrát), amely a természeti minta alapján örvénytechnológiát alkalmaz a víz tisztítására. Az ábrán az eszköz belseje látható, a fontosabb szerkezeti elemek bemutatásával.



20. ábra: A vortex-generátor szerkezete

Forrás: <http://www.watreco.com/technology/> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

Ez a módszertan az alapja a jégpályákon alkalmazható jégkészítésnek, mivel normál hőmérsékletű vizet lehet használni, sokkal hamarabb elkészül a jég, sokkal tisztább és a folyamatos hűtése is kevesebb energiát igényel. Ugyanakkor antibakteriális hatása is van, amely újabb ráépülő innovációkat eredményezhetnek.¹⁰¹ A kék gazdaság néhány, a jelen tananyag szempontjából fontos alapelve a következő¹⁰²:

- A megoldások elsősorban a fizika törvényein alapulnak. A fő tényezők a helyben uralkodó nyomás- és hőmérsékleti viszonyok.
- A természeti rendszerek veszteség nélkül áramoltatják a tápanyagokat és az anyagot, valamint minimális veszteséggel kaszkádoznak¹⁰³ az energiát. Minden melléktermék egy új termék forrása.¹⁰⁴
- A természet gazdag biodiverzitása néhány fajból alakult ki. A gazdagság diverzitást jelent, az ipari standardizáció ennek az ellentéte.
- A természet csak azzal dolgozik, ami helyben elérhető. A fenntartható üzleti vállalkozások nem csak a helyi erőforrásokból táplálkoznak, hanem a helyi kultúrából és a hagyományokból is.

¹⁰⁰ Lásd bővebben <http://www.theblueeconomy.org/innovations.html> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

¹⁰¹ Pauli (2010) 71-74.

¹⁰² Lásd: <http://www.theblueeconomy.org/principles.html> (utolsó letöltés: 2018. január 10.)

¹⁰³ Energiakaszád: A nagyobb energiaigényű rendszer által fel nem használt energia megy a kisebb energiaigényű rendszerekhez.

¹⁰⁴ Ezt az alapvetel az eredetnél valamivel pontosabban fogalmaztuk meg.

- A természet biztosítja az alapvető szükségletek kielégítését, ami az elegendőből a bőségbe vált át. A jelenlegi gazdasági modellünk a szűkösségből indul ki, mint a termelés és a fogyasztás alapvető jellemzője.

A fenti alapelvekből látható, hogy a kék gazdaság az ökológiai rendszerekre épít, amelyek már kifinomult „technológiák”: evolutív, a természeti törvényeknek megfelelő fejlődés eredményei. A kék gazdaságban a helyi adottságokat hatékonyan és harmonikusan használják fel. Ebből következően fontos szerepe lehet például azokban az iparágakban, amelyek kinyerik a környezetből az erőforrásokat, mint például halászat, mezőgazdaság. Ezen kívül a természet mintájára tervezett ipari megoldások is kék gazdaság típusú megoldások, mint például a szúnyog szívókéjének mintájára tervezett injekciós tű.¹⁰⁵ További kék gazdaság megoldási lehetőségek rejlenek a hulladéknak a természetbe való visszarendelése során annak minél tovább történő feldolgozásában. Erre példa a kávécsesze, amelyből még a termékek sokaságát ki lehet nyerni, mielőtt visszakerülne a természetbe (lásd a lenti ábrát).



21. ábra: Egy kék gazdaság példa a hulladék további felhasználására

Forrás: zeri.org (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

A hagyományos üzleti megoldás csak a kávébab elkészítésére irányul, a kávécsesze és az ahhoz szükséges víz hulladéknak számít. A kék gazdaság üzleti megoldása azonban magában foglalja azok legteljesebb hasznosítását is – mielőtt elérjük a hulladék-állapotot –, így az enzimek, állatok és az energia termelését, amint az ábra mutatja. Az igazi kék gazdaság megoldás ezt még tovább gondolja, hiszen a tehének stb. mellé újabb feldolgozási köröket lehet rajzolni, és így igazi termelési komplexum alapja lehet az előzőleg hulladéknak tekintett kávécsesze és elhasznált víz.

4.1.2. A körforgásos gazdaság

A körforgásos gazdaság (Circular Economy – CE) mára már jelentős politikai támogatást is élvez. Ennek egy példája az, hogy az Európai Unió is készített átfogó jelentéseket a CE-ről (lásd az EA-SAC-tanulmányokat az irodalomjegyzékben). A CE a kék gazdasághoz való közeledést talán a leg-

¹⁰⁵ Pauli (2010) 170-171.

fontosabb ponton kezdi el: a hulladékmentes termelés megvalósításánál. Az ökológiai rendszerek számos jellemzője közül az egyik legfontosabb a fenntarthatóság szempontjából ugyanis az, hogy a természeti birodalmak¹⁰⁶ egymás között áramoltatják az anyagot és az energiát, gyakorlatilag veszteség nélkül. Ami az egyik természeti birodalomnak veszteség, output, az a másik birodalomnak nyereség (input). Ennek a folyamatnak a megvalósítását a jelen gazdasági helyzetben az erőforrások szűkössége kétségtelenül nagyban elősegíti, mivel bizonyos anyagok rendelkezésre állása, mint például a tellurium, a nagyon kritikus tartományba esik,¹⁰⁷ és ez feltétlenül igényli új eljárások bevezetését. Az erőforráshiány, mint kulcs-tényező elsősorban korszerű hulladékgazdálkodási formákat fog eredményezni.¹⁰⁸ Geissdoerfer meghatározása szerint a CE: *“Olyan regeneráló rendszer, ahol az erőforrás-input és hulladék, emisszió és energiaveszteség minimalizált azáltal, hogy lelassítja, bezárja és szűkíti az anyag- és energiaciklusokat. Ezt hosszútávra történő tervezéssel, fenntartással, javítással, újrafelhasználással, újragyártással, felújítással és újrahasznosítással éri el”*.¹⁰⁹ A CE alapelemei ebből következően úgy is ismertek, mint a 3R: reduce, reuse és recycle – csökkentés, újrafelhasználás és reciklálás.¹¹⁰

Amíg a CE szándékoltan nem törekszik az olyan kérdések megoldására, mint a klímaváltozás vagy a biodiverzitás csökkenése, a kék gazdaság ezeket a kérdéseket is mintegy „automatikusan” megoldaná, mivel az ökológiai rendszerekre épít. A CE-nek azonban igen nagy előnye, hogy alkalmazható a jelenlegi gazdasági-társadalmi életünk szinte minden területén, bármilyen szennyező eljárásról is legyen szó, ami egyébként az ökológiai rendszerek hagyományos működésével összeférhetetlen. Ezért nagyon fontos, hogy politikai, gazdasági támogatottsága van. Kínában például ez a támogatás állami szintű: jelentős támogatást kapnak annak megvalósítására.¹¹¹ A CE továbbá bizonyítékként szolgál arra, hogy vannak gazdaságilag is életképes fenntarthatósági megoldások. Nem tekinthető azonban fenntartható fejlődési módszertannak, mert – még – sok jellemzőjében eltér attól.¹¹² Következetes fejlesztésével, aminek arra kellene irányulnia, hogy összhangban legyen az ökológiai rendszerekkel, ami már most az egyik jövőbeni célja (lásd a javasolt videót), elérhet addig a szintig, ahol már fenntartható fejlődési módszertanná, és esetleg kék gazdasági megközelítéssé válhat.

Ebben a tananyagban olyan megoldásokat ismertetünk, amelyek nem csak a CE-nek felelnek meg, hanem a kék gazdaság alapelveinek is. Las Gaviotas egy olyan kolumbiai település, ahol újratelepítették az esőerdőt, és a mintegy 1800 lakosú település a természetből él. A következő példa egy olyan hulladékműveletet feldolgozó üzem, ahol törekszenek a hulladék feldolgozásakor keletkező hulladékok minél teljesebb feldolgozására is. A következő példa egy mezőgazdasági termelési mód, amely elsősorban a kék gazdaság alapelveit érvényesíti: engedi a természetet működni.

4.2. Las Gaviotas

Kolumbia a föld területének 1%-át foglalja el, de az összes állatfaj mintegy 10%-a csak itt található meg.¹¹³ A nagy természeti régiói közül az egyik a Llanos-síkság, ahol a trópusi szavannák is találha-

¹⁰⁶ A kék gazdaság a természet öt birodalmát használja kiindulópontnak: baktériumok, egysejtűek (benne sok algafajjal), gombák, növények és állatok. A magyar szakirodalom a birodalom (kingdom) helyett az „ország” kifejezést is használja. Lásd részletesen a természeti birodalmakat. Whittaker (1969).

¹⁰⁷ EASAC (2016b) 2.1 táblázat.

¹⁰⁸ Ghisellini et al. (2016).

¹⁰⁹ Geissdoerfer et al. (2017) 759.

¹¹⁰ Ghisellini et al. (2016).

¹¹¹ Geissdoerfer et al. (2017).

¹¹² Geissdoerfer et al. (2017).

¹¹³ Lásd <https://kids.nationalgeographic.com/explore/countries/colombia/> (utolsó 2letöltés: 2018. január 12.).

tók. Itt a száraz és esős évszakok alakítják az uralkodó klímát; a száraz évszak novembertől áprilisig, az esős évszak májustól októberig tart. Az éves csapadékmennyiség 1000-1800 mm és az éves átlaghőmérséklet 23°C fölötti.¹¹⁴ Ebben a régióban van Vichada megye, ahol Las Gaviotas is található. Las Gaviotas állandó lakosainak száma 200 (50 család) volt 2007-ben. A település történetének a fenntartható fejlődés szempontjából fontos időszakát, annak kiemelt történéseit Mario Calderón Rivera írja le részletesen.¹¹⁵ Gunter Pauli (2010) a megvalósítás fizikai-biológiai elemeit ismerteti a kék gazdaság c. könyvében; Weisman több hónapot töltött Las Gaviotas-ban és könyvet is írt róla,¹¹⁶ 2008-ban már a második kiadása is megjelent.

Az 1980-as években ez a terület, mint igen nehezen megközelíthető szavanna, alacsony pH-értékű talajjal, ihatatlan vízzel, gyakorlatilag értéktelen volt. A földhöz Paolo Lugari adományozás útján jutott hozzá, körülbelül 6 dollár/hektár áron Mario Calderón Rivera jóvoltából. Lugarinak sikerült regenerálnia a kiszáradt, kimerült szavannát és fajgazdag, buja, trópusi paradicsommá alakította azt. 1995-re már mintegy hat millió fát telepítettek.¹¹⁷ A kétezres évek elejére mintegy 8000 hektárnyi helyreállított esőerdő fogadja itt a látogatókat.¹¹⁸



22. ábra: A karibi fenyő ültetésének előkészítése és a már kifejlett esőerdő

Forrás: Első kép: Rivera (é.n); második kép: <http://www.zeri.org/forest.html> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

A helyreállításhoz használt növény a karibi fenyő volt, amelyet mikorrhiza gombával kezelt talajba ültettek, illetve a fenyő gyökerein is megtelepítették a gombát. Ez a szimbiózis biztosította az elvetett magvak 92%-ának megmaradását és ezzel a terület fizikai tulajdonságainak a megváltozását is.

¹¹⁴ Lásd: <https://www.britannica.com/place/Colombia> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

¹¹⁵ Rivera, Mario Calderón (é.n.).

¹¹⁶ Weisman (1999).

¹¹⁷ Weisman (1999).

¹¹⁸ A kevés használható irodalom közül sokat felsorol a Wikipédia Las Gaviotas-szal foglalkozó oldala: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gaviotas> (utolsó letöltés: 2018. január 08.).



23. ábra: A mikorrhiza gombával nem kezelt és kezelt növény

Forrás: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0728/3039/products/wow_roots_with_and_without_1024x1024.jpg?v=1515091648 (utolsó letöltés: 2018. február 06.)

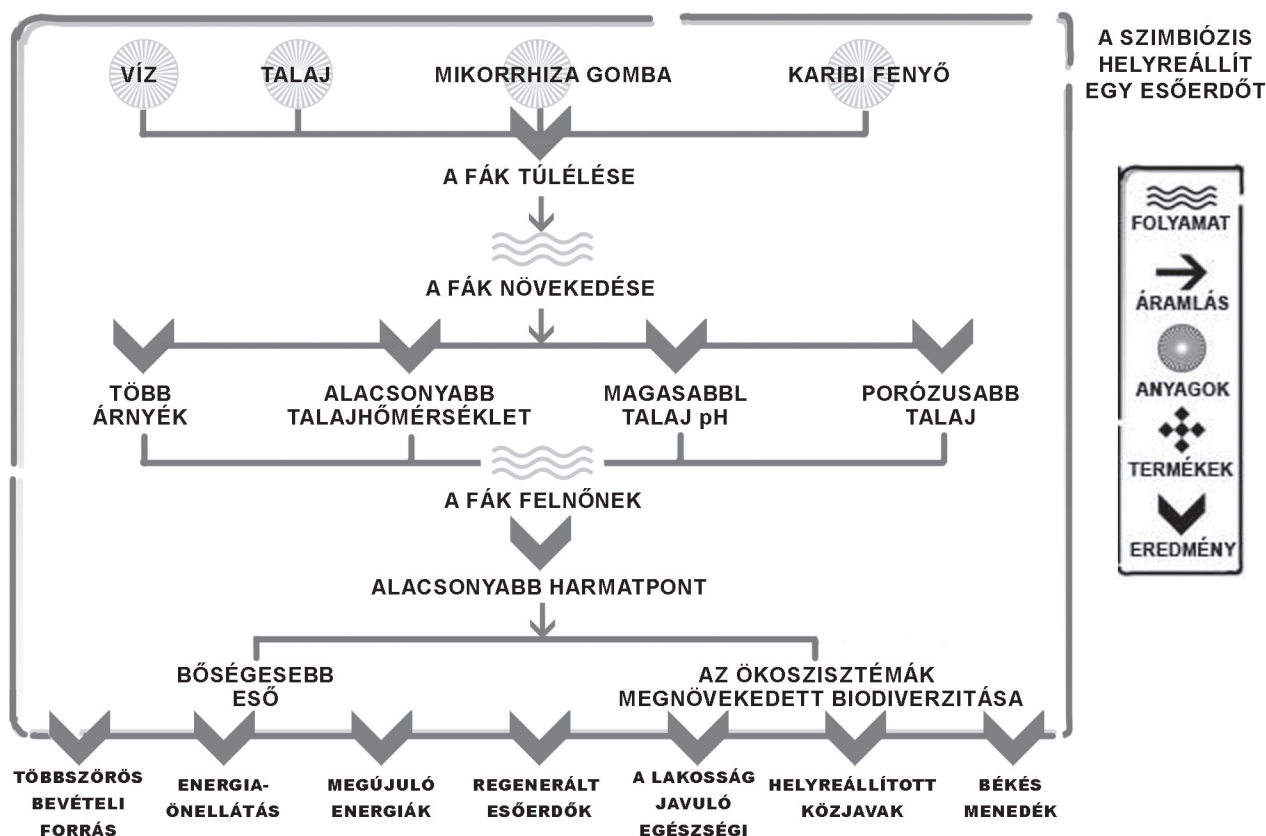
Az esőerdő visszatelepítésének legfontosabb eleme a következő:

„A **Pisolithus tinctorius** gombával beoltott kicsiny **Pinus caribaea** fenyőfa beárnyékol egy kis területet, megóvva a talajt és a gyökereket a Nap ultraibolya sugaraitól. Bár a hőterhelés magas marad, ezért a lehulló tűlevelek vastag avarszőnyeget képeznek a talajon, a fenyőfa képes felnőni, mivel a gomba jól táplálja. A tűlevélszőnyeg emeli a talaj nedvességtartalmát, egyidejűleg megköti a komposztálódásra képes hulladékot, melyet ellenkező esetben elmosna a víz.”¹¹⁹

Amíg a talaj forró, az eső nem hatol be a talajba, hanem elmosza a felszíni réteget és pusztítja a termőtalajt. A hűvösebb talajba (az avar alatt hűvösebb a talaj) valószínűbb, hogy az eső képes beszivárogni és a magvak csírázására alkalmasabb környezet jön létre. Ahogy a cserjeszint növekszik, ezzel együtt a biológiai sokféleség is nő és a csapadék is egyre több lesz. Ezen a klímán végül is a szavanna esőerdővé alakul át, ahol nemcsak termékeny talaj alakul ki, de bőségesen termelődik iható víz is, ami tovább erősíti az esőerdőre jellemző buja növényvilág kialakulását. A gazdagabb növényzet párologtató hatása alacsonyabb hőmérsékletet eredményez a légkörben is, ezért a felhőkből hamarabb lehullik a csapadék az alacsonyabb harmatpont következtében. Amint megértjük a természet működését, teljesen új módon alakíthatjuk ki az ember-természeti rendszereket. Az alábbi ábra összefoglalja a folyamatot.

A mikorrhiza görög szó, jelentése gombás gyökér. A gombák és a gyökerek szimbiózisának egyik formáját nevezik így. A növények gyökereit gombafonalak hálózák be és a sejtek szintjén anyagcsere zajlik a gomba és a növény között. A gomba a talajból nedvességet és tápanyagokat (például foszfort) vesz fel, a növény pedig az általa készített cukorral és más szerves anyagokkal táplálja a gombát, így a szimbiózison mindkét résztvevő nyer. Gyakran bolygatott talajokban általában nem tud megélni, így egy terület növényekkel történő újra telepítésénél mind a gyökerek, mind a talaj ilyen szimbiózisra képes gombákkal való ellátása fontos feladat.

¹¹⁹ Pauli (2010) 46.



24. ábra - az esőerdő telepítésének környezeti hatásai

Forrás: Pauli (2010) 47.

4.2.1. Az átalakított természeti környezet hatásai

Egészségügyi hatás

Las Gaviotas egyik legjelentősebb fejlesztése egy energia-önellátó kórház volt, az összes fontos kellekkel felszerelve, mint víz-desztillálás, légkondicionálás, a műtőszoba kiszárítása, a többi helység klimatizálása stb.¹²⁰ Sajnos a kórház működését nem engedélyezték, így csak álom – illetve prototípus – maradt az elképzelés. Adminisztratív okok vezettek a bezárásához: a törvény három állandó orvost és egy előírt nagyságú páciens-számot írt elő, amit a kórház nem tudott biztosítani, így az 1990-es évek elején be kellett zárni. Ami maradt, az az egészséges ivóvíz. Korábban a rossz ivóvíz miatt rendszeresen voltak a gyomor-bélrendszeri megbetegedések; ez a helyzet megváltozott az egészséges ivóvíz bőséges rendelkezésre állása következtében.

Környezet

Biológusok szerint valamikor régen ezen a helyen érintetlen őserdő volt.¹²¹ A szavannából ismét esőerdő vált (bár a fajgazdagsága még kisebb, mint az eredeti esőerdőké), ez a legjelentősebb környezeti változás ami Las Gaviotas-hoz fűződik. Az időjárás csapadékosabbra fordult, a talaj termékenysége

¹²⁰ Rivera (é.n.) 123.

¹²¹ Weisman (1999).

nagymértékben javult, és – talán a legfontosabb elem – hogy a kialakult esőerdőben megkezdődött az egészséges ivóvíz termelődése.

Gazdaság

Amory Lovins „természeti kapitalizmus” fogalmának mintájára¹²² Lugari Las Gaviotast biológiai kapitalizmusnak nevezi, ahol a természeti tőke hozadékából élnek, és nemhogy csökkentik azt, de folytonosan növelik.¹²³

A föld értéke mintegy háromezerszeresére emelkedett, mivel az értéktelenből értékes területté vált. A munkalehetőségek száma jelentősen megnőtt (azelőtt a Las Gaviotas körüli régióban alig volt ezelőtt munkalehetőség). Az esőerdő lehetővé tette a gazdaság beindulását. A fa értékes építőanyag, de a fenyőből gyantát is nyernek, amit feldolgoznak és értékesítenek. Ezen kívül a fölösleges, igen jó minőségű ivóvizet jó áron értékesítik Bogotában.¹²⁴

Mintegy kétszáz dolgozót tart el naponta Las Gaviotas, akik a nemzeti minimumbér kétszeresét keresik, de a közvetett hatásokat is beleszámolva mintegy háromezer ember függ Gaviotas-tól. Ilyen például az oktatás: ötszáz gyerek járt ide iskolába a régió vonzáskörzetéből.¹²⁵

Energia

A Las Gaviotas-i fejlesztések egyik fő hajtóereje a természetből nyert – megújuló – energia. A példájuk nagyban hozzájárulhat az energiarendszerek decentralizálásához. Két nagyon fontos javaslatuk – az európai kultúrára átültetve a következő:¹²⁶

- Olajtartalmú növényeket kell ültetni a nem erdősített területekre anélkül, hogy egy fát is kivágnánk, vagy bármilyen okból élelmiszertermelésre alkalmas területet használnák fel.
- Ne monokultúrákat hozunk létre, hogy az őshonos vegetáció kifejlődhessen, a biodiverzitás nőhessen – ezek együttesen az egészségünk legjobb védelmezői is.

4.2.2. Megújuló energia

Újfajta vízszivattyút találtak fel,¹²⁷ ami hatszor olyan mélyről hozza fel a vizet, mint a hagyományos szivattyúk, és amelyet egy libikókával üzemeltetnek. Az alábbi képen Paolo Lugari látható a libikókával.

¹²² Lásd Hawken et al. (1999).

¹²³ Rivera (é.n.) 119.

¹²⁴ Pauli (2010).

¹²⁵ White and Marino (2007).

¹²⁶ Rivera (é.n.) 253.

¹²⁷ Cushman–Roisin (2015).



25. ábra: Pauol Lugari a libikókán

Forrás: zeri.org (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

Hasznosítják a szél és a nap energiáját, mindkettőt úgy, hogy helyi anyagokból készítik a megfelelő eszközöket. Az alábbi ábrán napenergia-hasznosítás és szélkerék látható.



26. ábra: Napenergia-hasznosítás és szélkerekek

Forrás: Cushman-Roisin (2015)

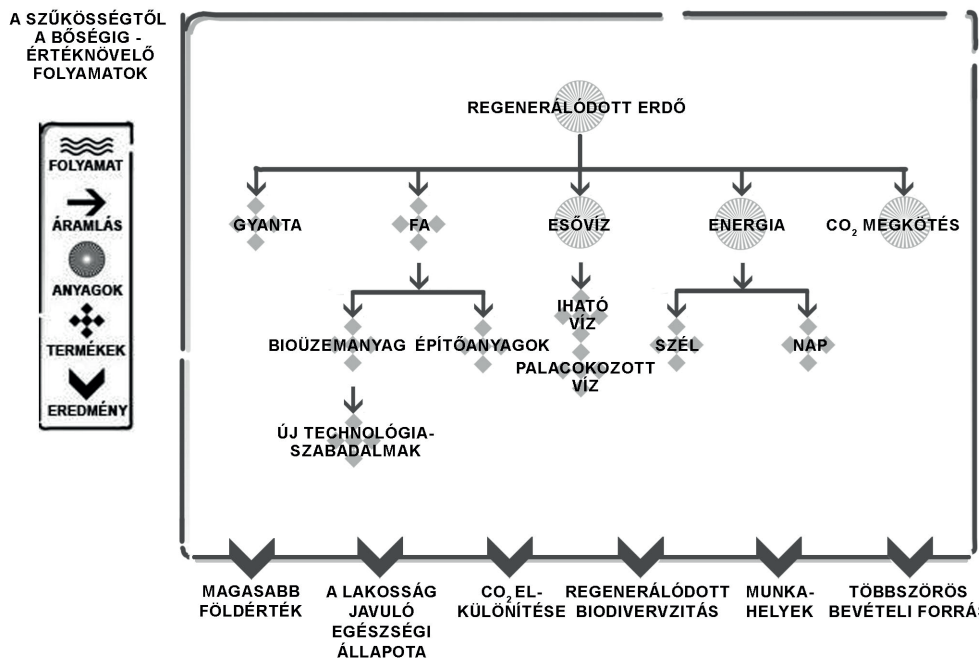
A fenyőből gyantát nyernek, ebből biodízel-üzemanyagot készítenek. Ezzel működtetik a mezőgazdasági eszközeiket (lásd az alábbi ábrát). Az olajfinomítójukban még további tizenkét fajta terméket készítenek.¹²⁸

¹²⁸ White – Marino (2007).



27. ábra: Egy 100%-ban biodizeltöltő állomás
 Forrás: Rivera (é.n)

A folyamat főbb elemeinek diagramját mutatja be a következő ábra.



28. ábra: Az esőerdőből származó haszonvételek
 Forrás: Pauli (2010) 48.

Lugari a következőképpen fogalmazta meg az egyik fontos problémát, ami miatt Las Gaviotas igazán értékes számunkra:

„A tudomány és a számítástechnika biztosít számunkra mindenféle kommunikációs lehetőséget és adat-hozzáférést, de nem támogat bennünket abban, hogy magával a Földdel megfelelő kapcsolatot építsünk ki. Mintha földönkívülivé váltunk volna.”¹²⁹

Las Gaviotas a sikereit a természettel kialakított harmonikus kapcsolat által érte el.

¹²⁹ Rivera (é.n.) 242.

A Las Gaviotas-i kísérlet olyan sikeres volt, hogy William B. Harrison Jr., a JP Morgan elnöke Las Gaviotas-t 8000-ról 100 000 hektárra szeretne volna kiterjeszteni, mivel látta annak egészséges pénzteremtő képességét, világszerte használt szabadalmazott technológiáit, bőkezű fizetéseit és a helyi társadalomban betöltött pozitív szerepét. Ily módon körülbelül 100 000-re lehet becsülni a keletkező munkahelyek számát és egy Belgium vagy Hollandia nagyságú ország széndioxid-kibocsátását lehetne ezzel semlegesíteni.¹³⁰

Las Gaviotas helyzete azonban az 1990-2000-es években nem ebbe az irányba mozdult, mert a politikai helyzet igen bizonytalanra és veszélyessé vált. A FARC, egy marxista gerillacsoport az ország nagy részét felügyelte és támogatta az illegális kokaintermesztést. A kokaintermelők, katonai csapatok, lázadók és állami fegyveres erők egyre erősödő küzdelme között létezett (létezik) Las Gaviotas, mint egy apolitikus béke szigete.¹³¹ Szerencsére a legújabb fejlemények szerint a kormány és a FARC között megállapodás született 2017-ben, melynek értelmében a FARC leadta a fegyvereit, és mintegy tizenkét tonna kokaint égetett el a rendőrség. Az ENSZ támogatást nyújt a farmereknek, hogy a kokaintermesztés helyett kávé és/vagy kakaót termeljenek inkább.¹³²

4.3. Talajmegújító mezőgazdasági technológia, mint kertészeti és szántóföldi kék gazdaság-megoldás

Hazánk a mérsékelt éghajlati övben helyezkedik el, éghajlatának és napi időjárásának alakulását jelentősen befolyásolja az éghajlatváltozás. Magyarország egyik legfontosabb termelő ágazata a mezőgazdaság, amely az éghajlatváltozás nagy vesztese lehet. A mezőgazdaság fenntarthatóságát a talaj kimerülése is veszélyezteti, mert az elmúlt 60 év iparszerű termelési körülményei a talajok szerkezetében, illetve szervesanyag-tartalmában is kedvezőtlen változásokat indítottak el.

A talajkímélő mezőgazdasági módszer mindkét problémára kedvező hatással van, még ha nem is oldja meg teljesen a kihívásokat mindkét esetben. A brazil és argentin szójatermés nagy részét ilyen technológiával termelik, költségkímélő volta miatt, e két ország szójatermelési versenyképességének ez az egyik oka.

A talajkímélő módszer kedvező hatásait összegezve megállapítható, hogy a kevesebb talajművelési költség mellett jelentősen csökken a termelés során az üvegházhatású gázok kibocsátása, megfelelő körülmények között a talaj CO₂-nyelővé válhat, illetve ez a módszer elősegíti a talaj kedvező tulajdonságainak (szervesanyag-tartalom, vízmegtartó-képesség, tápanyag-feltáródás) növekedését.

4. táblázat - A forgatásos és a talajmegújító mezőgazdaság összehasonlítása.

	Iparszerű, talajforgató mg.	Talajmegújító mg.
Vízmegtartás	A felső 30 cm-ben, kevés	Akár 70-80 cm mélységig, több
Hirtelen lehulló csapadék	Belvizet okoz	Elnyeli
Tápanyagforrás	Műtrágyából	Talajból, feltárási közti élőlényeken át
Talajszerkezet	Nincs, gyenge	Kiépzült, fejlett

¹³⁰ Pauli (2010).

¹³¹ Weisman (1999).

¹³² Lásd: <https://www.britannica.com/place/Colombia/Colombia-in-the-21st-century> (utolsó letöltés: 2012. január 12.).

Terméshozam	Magas	Átállás után magas
Szervesanyag-tartalom	Alacsony, csökken	Magas, növekszik
Gazdasági haszon, ha az iparszerű =1	1	1,7-2
Műtrágyahasználat	Magas	Alacsony, vagy nincs
Növény ellenálló-képessége	Alacsony	Magasabb
CO ₂ -kibocsátás a művelés során	Jelentős	Kisebb, vagy negatív

Forrás: Saját szerkesztés

4.3.1. A közeljövő iker kihívásai a mezőgazdaság előtt: éghajlatváltozás és talajkimerülés

Az éghajlatváltozás hatásai Magyarországon a következők lehetnek:

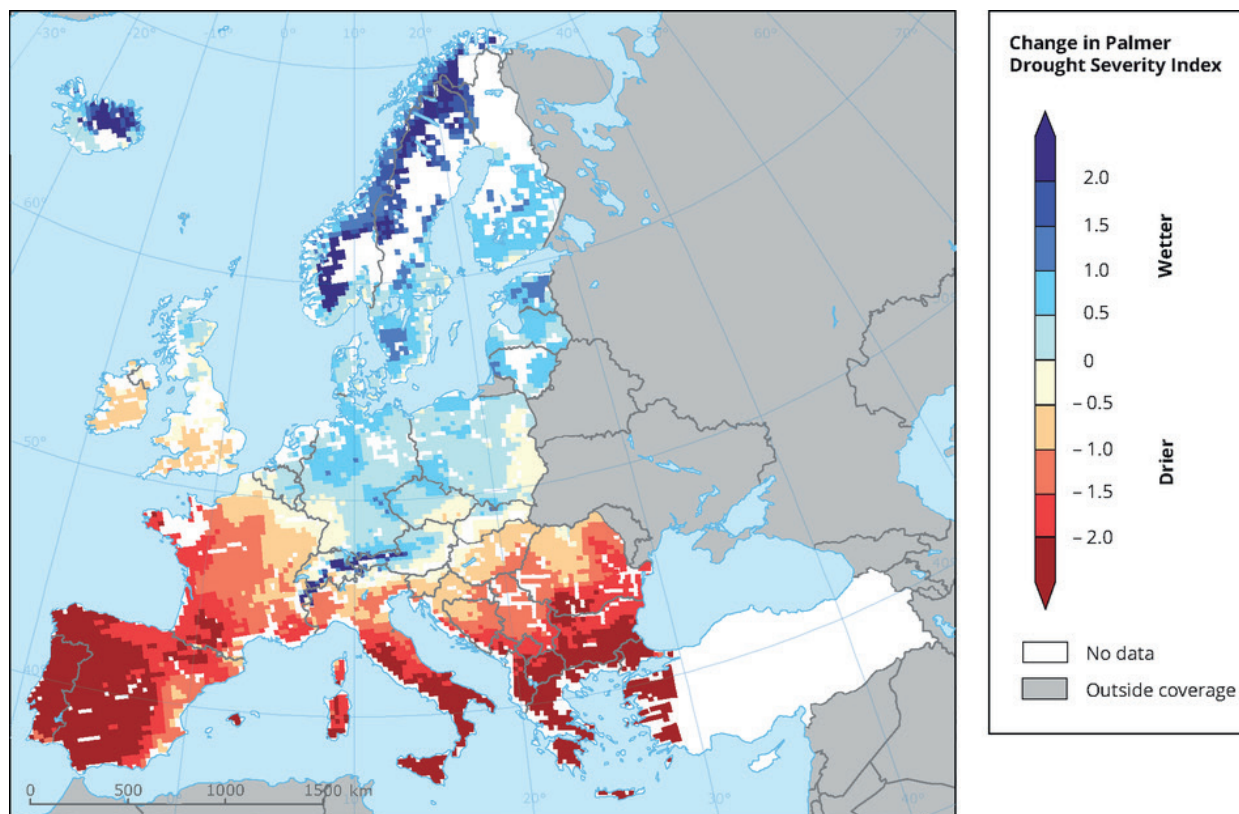
I. Nagy valószínűséggel az átlaghőmérséklet emelkedése és a szélsőségek számának növekedése lesz jellemző. Az éghajlati modellezés eredményei alapján valószínűsíthető, hogy a Kárpát-medencében megváltozik (csökken) a csapadék éves mennyisége, illetve tér- és időbeni eloszlása is.

1. Hirtelen esőzések

Megnő az esélye a hirtelen lehulló csapadéknak, azaz rövid idő alatt hullhat le az adott időszakra (nap, hét) megszokott csapadékmennyiség többszöröse. Az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy a csapadék mennyisége egy adott esőzés alkalmával elérheti egy egész havi, vagy egy hosszabb periódus megszokott csapadékmennyiségét is. Ez a jelenség közvetlenül összefügg az éghajlatváltozással, azon belül is az Északi-sark hőmérsékletének emelkedésével és a sarki körbefutó áramlás zavaraiival. A sarki hideg gyengülésével az áramlás iránya nyugat-keletiből átváltozik egy szeszélyesen fel-le kanyargó, lassabban nyugat-keleti irányba vándorló áramlásba, ennek következtében az áramlat előterében melegebb levegő juthat a sarkvidékre, vagy az áramlat lefelé tűródése során sarki levegő juthat a mérsékelt égövbe.

2. Csapadékmennyiségi változása és kitolódása a tenyészidőszakból

Magyarországon az éves csapadékmennyiség nagyobb része érkezik nyáron, mint télen, de az éghajlat-változási modellek azt mutatják, hogy a téli csapadék mennyisége növekszik (és egyre többször eső formájú lesz), a nyári pedig csökken; azaz a csapadék kiszorul a tenyészidőszakból. Ez utóbbi kedvezőtlenül hat azokra a mezőgazdasági terményekre, amelyek a nyár folyamán még igényelnek csapadékot, mert tenyészidejük hosszabb (például ilyen a kukorica vagy a dinnye). A tenyészidőszakban lehulló csapadék mennyiségének csökkenése tehát kedvezőtlen hatással van a mezőgazdasági termelésre. A másik valószínűsíthető (bár egyelőre nem mindenhol mérhető) jelenség, hogy évről-évre csökken az összes csapadék mennyisége. Azonban a változó trendek nem minden évben okoznak kevesebb csapadékot, illetve melegebb nyarakat. Inkább az igaz, hogy a szélsőséges hőmérsékletek aránya növekszik, illetve gyakoribb lesz a hirtelen lezúduló eső váltakozása aszályos időszakokkal. Mivel a csapadék nem egyenletesen érkezik, mennyisége egyre kevésbé becsülhető (mert a sokévi átlagtól egyre nagyobb eltérések tapasztalhatók) a mezőgazdaság pedig egyre kevésbé tud felkészülni a változásokra.



29. ábra: Európa talajainak várható nedvességtartalom-változása (Európai Környezetvédelmi Ügynökség).

Forrás: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-retention-4/assessment>

Az ábra alapján látszik, hogy a Földközi-tenger medencéjében – és a Kárpát-Medencében is – a Palmer Index szerint súlyos szárazságok (-2 és -3 közötti a skála szerint) várhatók 50 éven belül.

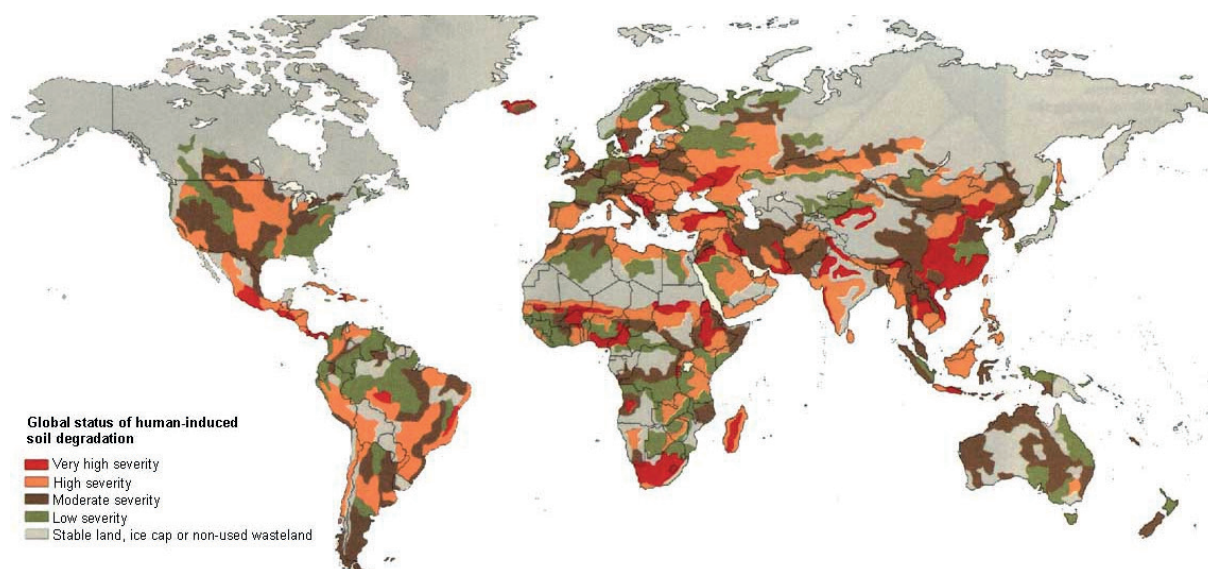
Összegzésképpen megállapítható, hogy olyan talajgazdálkodásra van szükség, amely kevés csapadék esetén is őrzi a nedvességet, sok csapadék esetén pedig képes a többletet is elnyelni.

II. A másik problémahalmaz összefügg a jelenlegi iparszerű mezőgazdasági módszerekkel, azon belül a forgatásos talajműveléssel, a műtrágyázással és vegyi anyagok kijuttatásával.

1. A szántás miatti szerkezeti és ökológiai változások

A szántással dolgozó talajművelés a talaj szerkezetességét rontja, a talajban található r- (rapid) és s-stratégiájú (slow) mikroorganizmusok stabil arányát megbontja és eltolja a gyorsan szaporodó r-stratégiájú baktériumok felé. Ezen baktériumok túlsúlyba kerülése miatt a szántás során felszínre forgatott szerves anyag oxigéndús környezetben elbomlik és belőle a szén CO_2 formájában a légkörbe jut.¹³³ A talajban található gombák az aprítás, forgatás, illetve a gyakran alkalmazott gombaírtók, talajfertőtlenítők hatására elpusztulnak. Összességében a talajélet csökken, a talaj szervesanyag-tartalma fogy.

¹³³ Reicosky (1997).



30. ábra: A talajpusztulás mértéke világszinten

Forrás: FAO

Ezzel szemben azokban a talajokban, amelyek mentesek az emberi beavatkozástól (erdők, sztyeppék) a következő kedvező folyamatok zajlanak: a talajt élő gyökerek járják át, hiszen a táj felszíne megfelelő növényzettel borított. A talaj szerkezete zavartalanul fejlődik, szerves anyag halmozódik fel benne, elérve a talaj teljes tömegének 10-15%-át. Az élő, nem forgatott talajban a növények gyökerei tápanyagraktárként szolgálnak, illetve felületükön kialakul egy, a talajból tápanyagot könnyen felvevő és a növénynek felvehető formában továbbadó baktériumréteg, illetve gombafonal-hálózat, amely valódi együttélésben (szimbiózisban) létezik a növényekkel, és szintén a tápanyagfelvételt segíti elő. Részletes talajvizsgálatok ugyanis kimutatják, hogy a talajból felvehető tápanyag-mennyiség lényegesen több mint a vízdoldott formában jelen lévő tápanyag. A talajban található mikro- és makroelemek átalakítása, a haszonnövények számára történő előkészítése a talajjelők, baktériumok és gombák feladata.

2. A talaj vízháztartása felborul.

A szántás során az eke járási mélységében kialakul az eketalp-betegség, azaz az ekefejek súlya egy kemény, tömörödött réteget hoz létre a szántás alatt, amelynek áttörése nem lehetséges a gyökerek számára, és a víz sem jut át rajta. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a felső 25-35 cm-es porhanyított, szerkezet nélküli talajrétegnek kell felvennie és megtartania az érkező csapadékot. Ezt a talajréteget az év legkritikusabb időszakában, azaz tavasszal-kora nyáron nem borítja növényzet (hiszen a sorközök üresek, a kultúrnövény még nem árnyékol, a pusztta talaj látható). A sötét talajok a napsütés hatására akár 60 °C-ra is felmelegsznek, és ezen a hőmérsékleten a legtöbb kedvező hatású talajjelő elpusztul, a párolgási veszteség magas. Ugyanakkor a sekély mélységben található eketalp miatt a hirtelen lezúduló esőzés a mélyebben fekvő részekben megáll, pangó vizet hozva létre, amely hónapokig megmarad.

A talajkímélő mezőgazdasági rendszerben a mindig élő gyökerek mélyen átjárják, porózussá és szerkezetessé teszik a talajt. A télen elfagyó talajtakaró növény gyökérmaradványa tápanyagforrás és csatorna a gilisztáknak és a csapadéknak. Precíziós gazdálkodásban megoldható, hogy a téli talajtakarónak használt növény elfagyott sorára vessék a következő évi főnövényt, amely így gyorsan hozzáfér a takarónövény elkorhadó gyökeréből a tápanyaghoz. A takart, de egyúttal szerkezetes talaj 70-80 cm mélységig átjárható, a hirtelen csapadékot képes azonnal elnyelni, a takarásnak köszönhetően a párolgási veszteség kisebb.

3. A felvehető tápanyag szinte teljesen a műtrágyákra korlátozódik.

Mivel a talajélet minimális és főképp az anaerob lebontókra korlátozódik, a növények számára felvehető tápanyagot csak vízben oldódó műtrágyákkal lehet biztosítani. A növény ennek hatására ugyan gyorsan fejlődik, de nem alakít ki szimbiózist az esetleg jelenlévő talajjelölökkel, azaz a műtrágya eltűnése vagy kimosódása után nincs lehetősége további tápanyagot felvenni.

A nem forgatott, állandóan élő gyökerekkel átjárt talajban számos korábbi korhadat gyökérmaradvány van, amelynek határretegén baktériumfilm képződik. A több éve nem forgatott talajban megnő a gombák száma, így a mikorrhiza típusú növénytársulások létrejönnek, a gombák felveszik a talajból a táplálékot, majd átadják a növényeknek.

4.3.2. A talajjavító mezőgazdaság rendszerezett leírása: szántóföldek

A legjobb humusztartalmú talajok a prérük és az erdők taljai. Az itt kialakuló humusztömeg olyan folyamatok együttes hatásaként állt elő, amelyek a szántásos, vegyi anyagokat használó talajművelés során nem működnek megfelelően, vagy ellenkező előjellel működnek.

Egy magára hagyott csupasz talajon először úttörő növények (amiket a mezőgazdálkodás gyomokként észlel) jelennek meg, és velük együtt elkezdődik a gyökér-talaj kölcsönhatás során a baktériumok megtelepedése. Ahogy az úttörő társulások helyét átveszik a füves, cserjés, majd fás társulások (a prérin csak a füves társulások), úgy növekszik a talajban a baktériumok és a gombák száma. Egy hosszú ideje nem bolygatott talajban a gombák vannak túlsúlyban; ez főleg az erdők talajára igaz. A szerves anyag minden évben a talajra rétegződik, de abba nem forgatja be semmilyen mechanizmus. A lehullott lombok vagy az elhalt fűfélék korhadása, lebomlása szerves anyagban gazdag réteget hoz létre, amelyet élő gyökerek járnak át, amelyben gazdag baktérium, gomba- és egyéb élőlénytársulások vannak jelen. A talajban lévő, legtöbbször kötött tápanyagok (makro- és mikroelemek) a baktériumok és gombák anyagcsere-folyamatai során felszabadulnak és a baktérium, valamint gomba-gyökér szimbiózisban felvehetővé válnak. Az élő talajban nincs szükség kívülről mesterségesen adagolt tápanyagokra, azokat az egészséges talajélet természetes táplálékhálója működés közben biztosítja.

Ebből következően a talaj egészséges, a haszonnövény számára is kedvező működését a minimális forgatás és a természetes préri-állapot minél közelebbi megközelítése jelenti. Ebben a rendszerben a talaj állandóan takart, hol élő növényvel, hol elhalt szármagmaradványokkal (mulcsréteg), miközben benne tápanyagbankok képződnek, illetve a talaj porózus szerkezetű lesz – ebből következően a csapadékot jobban megköti, ha az kevesebb is, illetve a mélyebb szerkezetesség és az eketalp hiánya miatt a hirtelen csapadékot is teljesen elnyeli, nem képződnek belvízfoltok. A gyommag a szántott földben mindig kikel, legtöbbször a kultúrnövény előtt, és minden évben új magtermést hoz, mert 100%-os gyomirtás nem létezik. Ezt a magot a szántás lekeveri, majd a következő évben felhossa, így mindig lesz gyom a táblán. A szántás nélküli művelésben a talajtakarás gyomelnyomó hatású, de ilyen hatással rendelkezik a mindig élő talajtakaró növényzet is, amely a kultúrnövény előtt, után, illetve mellett él a táblán. Miután a széles sorközű főnövényt (kukorica, szója stb.) mulcsrétegbe, vagy élő talajtakaró növényvel együtt (herefélék stb.) vetik, a sorközök gyomosodása kisebb. Az átállás végére a takarás és a minél több időt kitevő élő növényborítás hatására a gyomosodás jelentősen lecsökken.

Az átállás éveiben a tápanyagok egy részét elsősorban a talajban feldúsuló hasznos élőlények, baktériumok és gombák veszik fel, így elképzelhető, hogy szükséges – bár csökkenő mértékben – a műtrágyázás, főképp műtrágya adagolása. Az átállás végén már nincs erre szükség, a jól működő szántás nélküli talajművelésben kizárólag szervestrágyával megoldható a tápanyagszükséglet. Erre azért van szükség, mert a haszonnövény termésével szervesanyag és különböző elemek távoznak a területről, így azonban helyreállítható a természetes anyagkörforgás.

Az ilyen módon művelt területek a humuszképzés miatt jelentős mennyiségű CO₂-t kötnek meg, amely a talaj körforgásában marad és szántás hiányában nem kerül levegőre, ahol így a lebontó baktériumok munkája nyomán nem jut újra a légkörbe. A talajtakarás miatt vetett takarónövények hektáronként akár tonnás mennyiségű CO₂ megkötésére képesek. Világszerte körülbelül 160 millió hektáron folyik takarásos, szántás nélküli művelés. Ez azt jelenti, hogy míg a talaj szervesanyag-tartalma évről évre nő (telítődésig, 15% körül), körülbelül 0,2-0,4 Gt CO₂-t von ki évente a légkörből ez a gazdálkodási forma. Ha ez a technológia szélesebb körben terjedne el, évente ki lehetne vonni a humán CO₂-kibocsátás felét, vagy akár egészét is, amíg a talajok nem telítődnek (10-15 év alatt).

Hazánkban a termőföld körülbelül 4,5 millió hektár területű. Ennek felét átállítva talajkímélő gazdálkodásra (ennek főként ismerethiányból fakadó tudati akadályai vannak), a mezőgazdaságban a nettó bevételek 50-100%-al nőhetnek, a kapcsolódó gépgyártás meghonosításával úttörő és nem követő agrár-innovációs ország lehetnénk. A megkötött CO₂ évente 10-60 millió tonna körül alakulna: ez a teljes kibocsátás 16-100%-a.

4.3.3. A talajjavító mezőgazdaság rendszerezett leírása: kiskertek

A talajmegújítás kiskertekben alkalmazható eljárását hazánkban Dr. Gyulai Iván dolgozta ki saját kertjében a Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Szuhafeőn. Az eljárás lényege, hogy a gyomnövényeket a többször ismételt kartonpapiros letakarás-kitakarás-letakarás módszerével arra készítetik, hogy gyökereik tápanyagát éljék fel, majd végleg letakarva őket elpusztuljanak. Ezután a területet vastagon meghintik almos trágyával (trágya és szalma), amely tavaszra megéri és televényföld alakul ki belőle. Jelentős mikrobiális élet alakul ki benne, a nedvességet megtartja, a tetejét pedig szalmával takarva védik a kiszáradástól. Ebbe a televénybe vetik a magokat és ültetik a palántákat, csekély mélységben és szalmával visszatakarva a vetőgödört. A földre minden évben hordanak szerves anyagot (trágyát és szalmát) utánpótlásul.

Az eljárás lényege nagyon hasonló, mint a szántóföldi változatnál: a talaj életét élénkítő, forgatás nélküli eljárással gazdagodik a humusztartalom, a szerkezetesség megköti a nedvességet és kiváló talajéletet biztosít; a tápanyagok elérhetők és könnyen felveszik a növények.

4.3.4. Eredmények

A világ számos területén nagy jelentősége van a talajforgatás nélküli, takarásos művelésének. Az USA-ban számos farmon évtizedek óta alkalmazzák. A kedvező ökológiai hatások mellett a talajmozgatás elmaradása miatt költségcsökkenés is tapasztalható. Gabe Brown, az Észak-Dakota Állam Burleigh megyéjében 2000 óta alkalmaz talajtakarásos, szántás nélküli művelést. A talaj szervesanyag-tartalma 1.7%-ról 11%-ra emelkedett 2015-re. Mindez azt jelenti, hogy gazdaságában évente egy hektár föld körülbelül 25 tonna CO₂-t vont ki a légkörből! A világ más részein végzett tartamkísérletek is igazolták, hogy évente 2-5 tonna CO₂ kivonása a legnehezebb körülmények között is lehetséges.¹³⁴

Az egész évi csapadékmennyiség Burleigh megyében 380 mm átlagosan, de nagy ingadozásokkal. Ennek egy része hirtelen, egyszerre hullik; a tenyészidőszakban további 200-250 mm esik még. Ennek ellenére földje képes arra, hogy:

- az egyszerre lehulló 345 mm csapadékot belvíz nélkül befogadja (míg a szomszédos földön 3 hétig volt belvíz),

¹³⁴ Rodale Institute (2012).

- a mostoha körülmények dacára 80-110 q/ha kukorica-termésátlagot eredményez.¹³⁵

Mindezt a megszokott művelési ráfordítás negyedével éri el. Ráadásul a termelt növényei kevesebb vegyszer és műtrágya felhasználásával termesztethők.¹³⁶ Ez nemcsak pénzügyi, hanem ökológiai megfontolásból is fontos. Természetesen a kék gazdaság elvei mentén szerveződő megoldássá akkor válhat, amikor semmilyen műtrágyázás, vegyszeres kezelés és GMO-vetőmag sem része a rendszernek.

4.4. Egy almaléüzem vizsgálata – Egy kék gazdaság elven működő almafeldolgozó kisüzem

A kék gazdaság alapelve, hogy olyan gazdasági rendszereket tervezzenek, működtessenek és terjeszsenek el a világon, amelyek az ökológiai rendszer példáját követve működnek. Ennek négy alapvető elemét emeljük ki:

1. A helyben elérhető nyersanyagokat használják fel, amelyekhez lehetőleg nem köthető környezetkárosító tevékenység (bányászat, erdőirtás), hanem természetes folyamatokra épülnek.
2. Az adott gazdasági rendszer működése megújuló energiaforrásokat használ (napenergia, szélenergia, fermentáció útján keletkező energia stb.).
3. A rendszer a termelt hulladékot visszaforgatja, és újra az anyagkörforgás részévé teszi.
4. Olyan élhető környezet létrejöttéhez járul hozzá, amely kedvező hatású a benne és közelében élőknél.

A jelenlegi termelési folyamatok legnagyobb része nem felel meg ezeknek a követelményeknek. Működésük során szennyező anyagot bocsátanak ki, illetve nem megújuló erőforrásokkal működnek. A jelenleg termelt termékek jelentős része rövid idő alatt hulladékká válik, amelynek anyaga ritkán kerül vissza teljes egészében a gazdaság vérkeringésébe. A gyártás folyamatai nem tartalmaznak olyan elemeket, amelyek a végtermék hulladékká válása utáni újrahasznosítását tennék lehetővé.

A továbbiakban egy gyümölcsfeldolgozó üzem példáján keresztül mutatjuk meg, hogyan lehet a kék gazdaság elvei szerint gazdasági folyamatokat tervezni.

4.4.1. A hagyományos gyümölcsfeldolgozó üzem

A hagyományos gyümölcsfeldolgozó üzemekben általában másodosztályú, lének való gyümölcsöt dolgoznak fel, amely vagy hibás, azaz nem piacképes, vagy még nem teljesen beérett, vagy méretei kisebbek a megengedettnél. Az ilyen gyümölcsök leve is természetesen kissé alacsonyabb minőségű beltartalommal bír. Például az almát legtöbb esetben olyan gyümölcsökből szerzik be, ahol intenzív, vagy szuperintenzív művelési körülmények uralkodnak, azaz nagy terméshozamot igyekeznek elérni. Ezért a fák sűrűsége az ültetvényben magas, a talaj kihasználtsága is, a termesztés körülményei megfelelnek a zöld forradalmi mezőgazdaság feltételeinek (gépesítés, intenzíven termő, nem tájba illő fajták, kemizálás). Az alma tisztítása során szennyvíz keletkezik, amely az üzem szempontjából hulladék. Az alma darálás után présekbe kerül, a levét általában szűrik, hogy tiszta és átlátszó legyen. A kiperéselt levét hőkezelik, vagy más módon tartósítják. A kiperéselt gyümölcshús szintén hulladék

¹³⁵ Összehasonlításképpen, hazánkban a kedvezőbb talaj- és éghajlati adottságai ellenére 70-80 q/ha kukoricatermés a megszokott.

¹³⁶ Tallman (2012).

az üzem szempontjából, amelyet az üzem nem használ fel, hanem általában állati takarmányozásra fordítják. Mivel az üzem gyártókapacitása állandó, a kereslet illetve az alma-beszállítás pedig nem, a gyártott almale egy részét a víz kivonásával besűrítik, almale-sűrítményt hozva létre, amit később is felhasználhatnak.¹³⁷

4.4.2. Kék gazdaság típusú üzem



31. ábra: Intenzív almaültetvény. Látható a magas tőszám, a kihúzott támrendszer, a magas termés-hozam érdekében alacsony tartott fakorona és az öntöző vezetékek

Forrás: <https://agrarium7.hu/cikkek/66-megeri-e-szuperintenziv-almaultetvenyt-letesiteni> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

Egy olyan almalekészítő üzem, amely a bevezetőben felsorolt négy követelménynek egyaránt eleget tesz, szinte minden tekintetben el fog térni az eddig vázoltaktól. Ha a környezet hosszú távú fenntarthatóságát, és a tájban a környezettel összhangban élő ember jólétét is szempontnak választjuk (kék gazdaság 4. szempont), akkor egyértelművé válik, hogy a gyümölcs mint alapanyag, csak olyan gyümölcsöskertekből származhat, amelyek eleget tesznek a hosszú távú fenntarthatóság elveinek, azaz alapvetően extenzív termelési rendszert követnek (nincs, vagy korlátozott a gépesítés, kemizálás), tájjellegű fajtaikat használnak, nem törekszenek a nagy terméshozamokra¹³⁸.

¹³⁷ Papp és társai (2003).

¹³⁸ Papp és társai (2003).



32. ábra: Hagományos extenzív gyümölcsös. Szembetűnő a laza telepítés, a magasabb fakoronák és a nem sorokba történt telepítés

Forrás: <http://termeszetvedelmikezeles.hu/adatlap-aner?showAll=0&id=205> (utolsó letöltés: 2018. április 18.)

Ezeknek a gyümölcsösöknek olyan gazdák kezében kell lenniük, akik érdekeltek a gyümölcs feldolgozásában is, azaz valamilyen módon részesei a feldolgozóüzemnek is [mint részvényes, (rész)tulajdonos, szövetkezet tulajdonosa stb.]. Így az almatermelők érdekeltek lesznek a minőségi végtermékek előállításában is, valamint a haszon túlnyomó része ott csapódik le, ahol a termelés is folyik.

Az így előállított alma változatosabb minőségű, azaz kevesebb benne az első osztályú darab, viszont több olyan is akad közte, amely lének kiváló, összességében tehát az így nyert almale jó minőségű.

5. táblázat: Az extenzív és intenzív gyümölcsös összehasonlító táblázata

	Extenzív	Intenzív
Terméshozam	10-20 t/ha	40-60 t/ha
Gépesítés	Alacsony, vagy nincs	Magas
Kemizálás	Alacsony	Magas
Öntözés	Nincs, vízmegtartó tájelemek vannak	Van
Fajtajleg	Tájjelegű, hagyományos	Intenzív bőtermő, nemesített
Tőszám	Alacsony	Magas
Köztes hasznosítás	Méhek, legeltetés	Kemizálás miatt nincs
Termésminőség	Széles spektrumú	Alapvető cél a nagy, azonos méretű gyümölcs

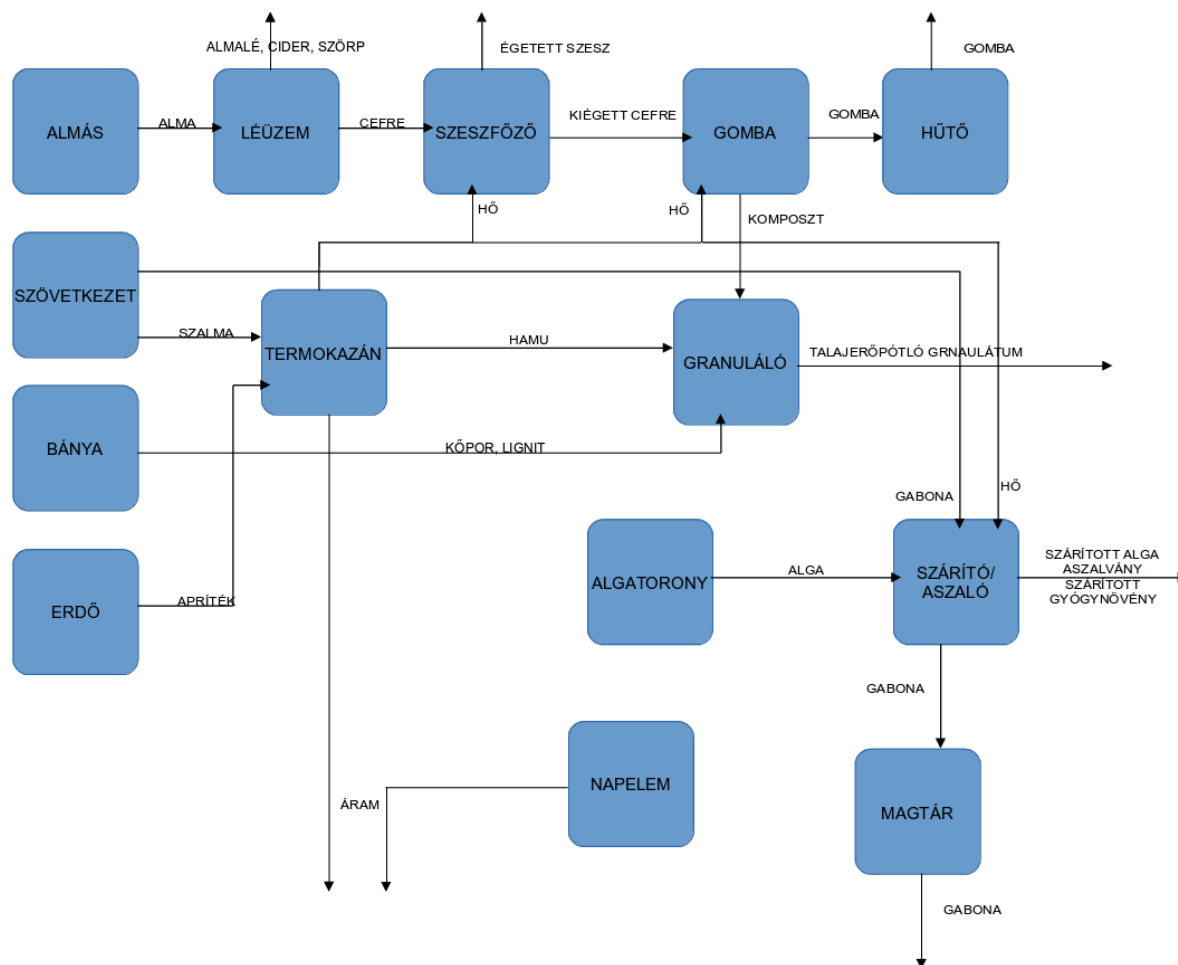
Forrás: Saját szerkesztés Papp és társai (2003) alapján

Az üzem ellátó gyümölcsös és maga az üzem ugyanannak a közösségnek az irányítása alatt üzemel, így a gyümölcsösben végzett munka (metszés, bogyóritkítás, kártevők elleni védekezés, betakarítás) és az utána következő feldolgozás egész éves munkaciklust tesz lehetővé, üresjárat nélkül. Így mindig kiegyensúlyozottan van jelen a munka a közösség életében, nincs jelentős torlódás, amely komfortérzet-csökkenéssel jár.

Vidéken gyakoriak az elhagyott zártkertek, konyhakertek, amelyek bérelhető, vagy megvásárolható. Sok az elvadult extenzív gyümölcsös is, amely egy-két év munkájával újra termőre fordítható. Az almát egy feldolgozó termelési folyamat keretében sokféle értékesíthető terméké alakítják, és a közösség magáról az értékesítésről és a keletkezett melléktermékek cikluson belüli teljes hasznosításáról is gondoskodik (részletesen alább).

Az üzem elsődleges termékként a piacra nem értékesíthető almából első osztályú termékeket állít elő. Az alma feldolgozása során az üzem almalevet, almaszörpöt, almaidert, és fahordós érlelésű szeszt állít elő, a hulladékon gombát termeszt, majd a hulladékból talajerő-pótló anyagot állít elő. (Részletesebben lejjebb fejtjük ki a termelési ágazatot és a zárt ciklust.)

Az üzemet hőenergiával ellátó berendezés a gazdák társulásából, szövetkezéséből származó szalma (ha pótlásra van szükség, akkor erdészeti hulladék, nyesedék is) hőbontásából képződő gáz elégetésén alapul. Az alapanyagot a szövetkezet szántóföldi gazdálkodása során állítja elő. Cserébe az energiaellátó rendszer hulladékhőjével a szövetkezeti tagok részére terményszárítást végez az üzem. Az alábbi ábra mutatja be a folyamatot.



33. ábra: A kék gazdaság elvű üzem blokkábrája

Forrás: Saját szerkesztés

A berendezések sora az almalékészítő egységgel kezdődik: mosó, daráló, pasztőröző, palackozó üzemrészek (ezek nincsenek kibontva az ábrán; a léüzem foglalja őket magába). Az első lépés a szüretelt másodosztályú almának az üzemhez szállítása, a mosás és a darálás. A mosóvizet félreteszik. A ledarált alma egy olyan présbe kerül, amelyben a préselést a vízhálózatból származó csapvíz nyomása végzi. A préselt levét edényekben felfogják, majd innen merik át a pasztőröző berendezésbe. A pasztőrözést olyan kádakban végzik, amelyeket az üzemet hővel ellátó kazán fűt. A pasztőrözés végén kerül sor a palackozásra, amikor az egész kádnyi lé elérte a 80 °C-t. Az almalé egy részéből szörpöt sűrítnek, más részéből almacidert erjesztenek (ahogy ez az ábrán látható a léüzem kimeneténél). A kiperéselt darálék, azaz tulajdonképpen a cefre kikerül a présből, felhígítják a daráló előtt keletkezett mosóvízzel, majd hordókba töltik. Ott néhány hét alatt megerjed és átkerül a szeszfőzőbe, ahol égetett szeszt, almapálinkát főznek belőle.

Az alkoholt almalésűrítménnyel és/vagy helyi gyógynövényekkel, fűszernövényekkel ágyazzák be, azaz üvegedények aljára meghatározott mennyiségű almalé-sűrítményt és/vagy fűszernövényeket helyeznek, amelyre az almapálinkát öntik és így érlelik. A kifőzött cefre gombatáptalaj lesz, ehhez csak hulladékhő és víz, valamint a szövetkezeti állattartóktól trágya szükséges, hogy a szerves masszában végbemenjen a gyors komposztálódás. A gombatáptalaj az üzem egyik helyiségében készül, ahol felügyelhető a hőmérséklet és a páratartalom. A szervesanyag, amely visszamarad a gomba termesztése után, bizonyos idejű további érlelés után alkalmas komposztanyagnak, azaz trágyának az almaültetvényekre, a fűtést végző kazánból származó szalma hamujával összekeverve, és granulálva.

Az energiatermelő rendszer hőjével készül a gombatáptalaj, temperálódik a gombakészítő helyiség. Terményszárításra, gyümölcsaszalvány előállítására valamint gyógynövények szárítására is használható. A szárított gyógy- és fűszernövény egy része az ágyas szeszgyártás alapanyaga. Az üzem tetejére szerelt napelemek az üzem villamos fogyasztását ellensúlyozzák megújuló áram termelésével.

A rendszerben alगतó is elhelyezhető, amelynek szerepe nemcsak az, hogy a kazán által termelt maradék hő egy részét felvéve algakivonat és algaolaj készüljön, hanem hogy az üzem kéményén a fűtési célú kazánban a szalma égetésekor keletkező, és egyébként távozó CO₂ egy részét felvegye és megkösse.¹³⁹

Az üzem, megfelelő működtetési tapasztalatok megszerzése után akár egészében, akár modulárisan tovább értékesíthető, és a helyi adottságokhoz igazítható.

4.4.3. Összehasonlítás

A következő táblázat mutatja a kék gazdaság és körforgásos gazdaság elvű üzem összehasonlítását.

6. táblázat: Kék és körforgásos gazdaság jellemzőinek összehasonlítása

	Hulladékmentességre törekvő üzem	Kék gazdaság szempontú, komplexebb üzem
Hulladékmentesség	Igen	Igen
Megújuló energia	Igen	Igen
Helyi erőforrás	Nem szempont	Igen (helyi alma, helyi fűtőanyag a kazánnak)
Természettel összhang	Nem feltétlenül (nem reziliens, csak a minimális számú termelési ágat építik ki)	Magas reziliencia (megfelelő számú termelési ág létezik, és optimalizált)

Forrás: Saját szerkesztés

Az üzem megfelel mind a négy kék gazdaság szempontnak. Amennyiben csak a hulladékmentesség lenne az üzem gazdasági célja, azaz csak a körforgásos gazdaságra való törekvés jelenne meg, akkor elegendő lenne a kipréselt cefrét komposztálni, és az almaültetvényre visszajuttatni, a fűtőkazán fahamujával együtt. Ekkor azonban az üzem még nem érné el a rugalmas alkalmazkodóképesség legmagasabb fokát, mert nem lenne benne elég sok kimenet és elágazás a gyártási folyamatok során, azaz a gyártható termékek száma nem lenne annyi, mint a kék gazdaság elvei szerint működő, a hulladékmentességen túlmutató üzem esetén.¹⁴⁰

¹³⁹ Hodai (2014).

¹⁴⁰ Kiss és társai (2015).

IRODALOMJEGYZÉK

1. Attenborough, D. (1989): Az első Édenkert. Park, Budapest.
2. Báder L. (2006): Öltöztessük fel a Földet! Ekvilibrium Kiadó, Budapest.
3. Bartha D. (2003): Történeti erdőhasználatok Magyarországon. Magyar Tudomány, 2003/12: 1566–1577. o.
4. Bossel, H. (2007): Systems and Models. Complexity, Dynamics, Evolution, Sustainability. BoD
5. Christopherson, R. (2012): Geosystems – An Introduction to Physical Geography. 8Th ed. Pearson, Preintice Hall.
6. Dai, Aiguo (2010): Drought Under Global Warming: A Review. John Wiley & Sons, Hoboken. URL: http://www.climatechange-foodsecurity.org/uploads/Drought_review_Dai_11.pdf, Letöltés ideje: 2018. április 18.
7. Diamond J. (2007): Háborúk, járványok, technikák. Typotex, Második kiadás, Budapest.
8. Diamond, J. (2006): Összeomlás. Typotex, Budapest.
9. Díaz et al. (2018): Assessing nature’s contributions to people. Science 359 (6373) 270–272. o. DOI:10.1126/science.aap8826, URL: <http://science.sciencemag.org/content/sci/359/6373/270.full.pdf>, Letöltés ideje: 2018.01.25.
10. Drakopoulos, S.A (2008) The paradox of happiness: Towards an alternative explanation, Journal of Happiness Studies, 9(2), 303–315. o.
11. Dransfield, J. (1984): A recently extinct palm from Easter Island. Nature 312, 750–752. o.
12. EASAC (2016a) Circular Economy: Indicators and Priorities for Critical Materials 24.11.16, a summary <http://www.easac.eu/home/reports-and-statements/detail-view/article/circular-eco-1.html>
13. EASAC (2016b) Circular Economy: Priorities for Critical Materials for a Circular Economy http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Circular_Economy/EASAC_Critical_Materials_web_corrected_Jan_2017.pdf . Letöltés ideje: 2017.07.20.
14. EASAC (2016c) Circular Economy: Indicators for a Circular Economy http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Circular_Economy/EASAC_Indicators_web_complete.pdf, Letöltés ideje: 2017.07.20.
15. El-Maayar-Lange (2013): A Methodology to Infer Crop Yield Response to Climate Variability and Change Using Long-Term Observations. Atmosphere 4(4):365–382. o.
16. Fagan, B. (2012): A nagy felmelegedés. Európa Kiadó Budapest.
17. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production, 143 (1), 757–768. o. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
18. Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S. (2016) A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems Journal of Cleaner Produc-

- tion, ISSN 0959-6526, E-ISSN 1879-1786, Vol. 114, 11–32 o.
19. Hasan, M. (2013): Evaporation estimation for Lake Nasser based on remote sensing technology. *Ain Shams Engineering Journal* Volume 4, Issue 4, 593–60. o.
 20. Hawken, P., Lowins, A., Lowins, L.H. (2000) *Natural Capitalism. Creating The Next Industrial Revolution* Boston–New York–London, Little, Brown and Company. 396. o.
 21. Hetesi Zs. (2017): Néhány megjegyzés a klímaszekpticizmus kapcsán. *Magyar Energetika* 24. (2017) 18–20. o.
 22. Hirsch, F. (1977) *Social Limits to Growth*, Routledge & Kegan Paul, London
 23. Hodai Z. (2014): Alga biomassza kinyerése fotobioreaktorban termesztett mikroalga szuszpenzióból. PhD értekezés, Pannon Egyetem, Veszprém
 24. Holliday, C., Schmidheiny, S., Watts, P. (2002) *Walking the Talk: The Business Case for Sustainable Development* Berrett-Koehler Publishers
 25. IPCC Negyedik jelentése (2007): *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis*. Lásd http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10.html (utolsó letöltés: 2018. április 18.).
 26. IPCC Ötödik jelentése (2013): Chapter 12: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility Lásd: http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5_WGI-12Doc2b_FinalDraft_Chapter12.pdf (utolsó letöltés: 2018. április 18.).
 27. J. S. Lansing et al. (2001): „Volcanic Fertilization of Balinese Rice Paddies,” *Ecological Economics* 38, 383–90. o.
 28. Janssen, M.A. (2007): Coordination in irrigation systems: An analysis of the Lansing–Kremer model of Bali Agricultural Systems 93, 170–190. o.
 29. Kim, D.H (1993) *A Framework and Methodology for Linking Individual és Organizational Learning: Applications in TQM and Product Development*, Cambridge, Massachusetts: MIT Sloan School of Management, Ph.D dissertation.
 30. Kiss és társai (2015): Egy kék gazdaság megközelítés a fenntarthatóság mérésére egy termelőüzem esetén. *Georgikon Konferenciakötet, Keszthely*.
 31. Klein, D. R.(1968): The introduction, increase and crash of reindeer on St. Matthew Island. *Journal of Wildlife Management*, 32(2): 350–367. o.
 32. Lansing, J. S., Kremer, J. K. (1993): Emergent properties of Balinese Water Temple Networks: Coadaptation on a Rugged Fitness Landscape *American Anthropologist*, New Series, Vol.95, No.1. 97–114. o., <http://www.jstor.org/stable/pdf/681181.pdf> Letöltés ideje: 2018.01.12
 33. Maani, K.E., Cavana, R.Y. (2007) *Systems Thinking*, System Dynamics Person Education New Zeland.
 34. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. (1972): *The limits to Growth* New York: Universe Books, 102. o.
 35. Meadows, D. H., Randers, J. Meadows, D. L. (2005): *A növekedés határai – harminc év múltán*. Kossuth Kiadó, 2005. Fordította Déri Andrea.
 36. Meadows, D.H. (2008): *Thinking in Systems – A Primer* Chelsea Green Publishing.
 37. Meadows, Donella - Meadows, Dennis - Randers, Jørgen (1992) *Beyond the Limits*, Post Mills VT, Chelsea Green Publishing Co.
 38. Molnár G. (2009): *Ember és természet*. Kairosz, Budapest.

39. Papp J. (szerk) (2002): Gyümölcsstermesztési alapismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
40. Pauli, Gunter (2010): A kék gazdaság, PTE KTK Kiadó, Pécs.
41. Perman, Ma, Common, Maddison & Mcgilvray (2011) Natural Resource and Environmental Economics, 4/E, Addison-Wesley.
42. Petit et al. (1999): Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. Nature, 309. o., 429–436. o.
43. Reicosky, (1997): Tillage-induced CO₂ emission from soil. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 49, Issue 1, 273–285. o.
44. Rivera, Mario Calderón (é.n) Renaissance in the Tropics: Paolo Lugari or Gaviotas Age Centro Las Gaviotas, 335. o.
45. Rockström, J. és társai (2009): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society 14 (2), 32. o.
46. Rodale Institute: White Paper on Regenerative Organic Agriculture. Rodale Institute (2014) Lásd: <https://rodaleinstitute.org/assets/WhitePaper.pdf> (utolsó letöltés: 2018. április 18.).
47. Roth, Dik (2014): Environmental sustainability and legal plurality in irrigation: the Balinese subak Current Opinion in Environmental Sustainability, 11, 1–9. o.
48. Senge, P. M. (1994): Az 5. alapelv – A tanuló szervezet kialakításának elmélete és gyakorlata HVG kiadó.
49. Smil, V. (2012): Harvesting the Biosphere. MIT Press.
50. Stermann, J.D (2000): Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World McGraw-Hill Higher Education.
51. Sweeney, L.B., Meadows, D. L. (2015) Rendszergondolkodás játékosan – Gyakorlatok a tanulás és a rendszergondolkodás fejlesztésére. Kiadó: Tanuló Szervezetek a Fenntarthatóságért Alapítvány.
52. Tallman, (2012): No-till case study: Brown's Ranch 10/2012 NCAT Publications.
53. Turner, G. (2014): Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of the Limits to Growth with Historical Data Melbourne Sustainable Society Institute, The University of Melbourne.
54. Van Tilburg, J. (1994): Easter Island: archeology, ecology and culture. Smithsonian Institution Press Washington DC.
55. Végh, L. és társai (2009): Utolsó kísérlet. Kairosz, Budapest.
56. WCED (1987): Our Common Future Oxford University Press, Oxford
57. Weisman, Alan (1999): Gaviotas: A Village to Reinvent the World Chelsea Green Publishing; ISBN 1-890132-28-4.
58. White, R. E., Marino, G.E.G. (2007) Las Gaviotas: Sustainability in the Tropics World Watch Magazine, May/June 2007, Volume 20, No. 3b; URL: <http://www.worldwatch.org/node/5020>; Letöltés ideje: 2018.01.12
59. Wilensky, U., Rand, W. (2015) An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo The MIT Press
60. World Bank (2012): Turn down the heat: why a 4°C warmer world must be avoided. Washington DC: World Bank (2012)

Internetes források

61. Cushman-Roisin, Benoit (2015) Sustainable Communities (a presentation) URL: <https://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs44/Communities.pdf>, Letöltés ideje: 2018.04.19.
62. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Elérhetőség: www.fao.org/ (utolsó letöltés: 2018. április 18.)
63. NEAA - Netherlands Environmental Assessment Agency (2009) Growing Within Limits Bilt-hoven, NL, URL: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500201001.pdf>; Letöltés ideje: 2019.01.18.
64. https://www.sare.org/Learning-Center/Books/Managing-Cover-Crops-Profitability_3rd-Edition

A Nemzeti Közszerológálati Egyetem kiadványa.



Nemzeti Közszerológálati Egyetem;
Államtudományi és Közigazgatósi Kar
www.uni-nke.hu

Felelős Kiadó:

Prof. Dr. Kis Norbert Dékán

Címe:

1083 Budapest, Üllői út 82.

Kiadói szerkesztő:

Császár-Biró Anna

Tördelőszerkesztő:

Bödecs László

978-615-5870-25-5 (PDF)

A kiadvány
a KÖFOP-2.1.1-VEKOP-15-2016-00001
„A közszolgáltatás komplex kompetencia,
életpálya-program és oktatás technológiai
fejlesztése” című projekt keretében készült
el és jelent meg.

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE