

A globális környezeti fenntarthatóság elmélete

Írta: Somogyi Zoltán

somogyiz@iif.hu



Megjelenés helye:

<https://scientia.hu/honnantudod/globalis-kornyezeti-fenntarthatosag-elmelete/>

*A tanulmányban leírtak nem feltétlenül egyeznek meg
a Soproni Egyetem véleményével*

2024. november 15.

Tartalomjegyzék

Összefoglaló	3
Bevezetés. A tanulmány célja	4
A környezeti fenntarthatóság Természeti Törvények függvénye	7
Az elméletállítás koncepciója.....	12
A Fő Kerettörvények.....	14
A fenntarthatóság általános törvényei.....	17
A <i>P</i> -re vonatkozó törvények	26
Az <i>i</i> -t meghatározó sajátos törvények	29
A <i>hsz</i> -re vonatkozó törvények és hatások	34
A globális környezeti fenntarthatóság elmélete.....	36
Működésben az elmélet: Nagy a Gyorsulás	37
Fenn tudjuk tartani megszokott klimatikus viszonyainkat?	42
Illúzió-e a globális környezeti fenntarthatóság?	47
Köszönetnyilvánítás	51
Hivatkozások	51

Javasolt hivatkozás:

Somogyi, Z. 2024. A globális környezeti fenntarthatóság elmélete. Magánkiadás, Budapest, pp. 54. URL: <https://scientia.hu/honnantudod/globalis-kornyezeti-fenntarthatosag-elmélet/>

Összefoglaló

A globális klíma fenntartása eddig sikertelennek bizonyult. A klímaváltozás lassítására alkalmazott módszer: az emberiség együttes üvegház gáz kibocsátásának csökkentése ugyanis természeti törvények miatt kudarcra van ítélve. Miért van ez így? És akkor mit tehetünk a klímaválság megoldása érdekében a siker reményében? Ezt általánosítva: mit tehetünk globális környezeti fenntarthatósági célok elérése érdekében, és miért? Egyáltalán: **mit jelent a globális környezeti fenntarthatóság, mik lehetnek a megvalósításának általános feltételei, és miért?**

A környezetvédelem eddigi kísérletei arra, hogy ezekre a kérdésekre válaszoljon, feltételezéseken alapulnak. Ilyen feltételezés az, hogy „csak akarni kell” az életmódunkat megváltoztatni, és akkor a környezetre gyakorolt káros hatásaink is csökkennek majd. Ez az evidensnek tartott feltételezés megalapozatlan – tudományos elemzéseknek eddig nem tették ki –, mégis szinte vallásos hittel alkalmazzák nemcsak jóakarató civilek és civil szervezetek, de befolyásos nemzetközi tudományos és politikai szervezetek is.

Ez a tanulmány abból indul ki, hogy a fenntarthatóság és a klímaváltozás kérdésköre tudományos kategória, amire a tudomány elveit és szabályait kell alkalmazni. A két legfontosabb ilyen, a fenntarthatóság sikeres megvalósítása érdekében mindenképpen alkalmazandó alapelv az, hogy (1) *minden* állítást (beleértve a feltételezéseket is) a lehető legnagyobb mértékben a már ismert természeti törvényekre kell alapozni, és (2) amikor csak lehet, a törvényekre alapozva el kell végezni a szükséges számításokat.

A tanulmány ezen alapelvekből kiindulva egy koherens környezeti fenntarthatósági elmélet felállítását kísérli meg, ami segítheti a globális környezeti fenntarthatóság megértését és kezelését. A tanulmány első lépésként összegyűjti a fenntarthatóságot meghatározó és magyarázó természeti törvényeket. Ezek egy része határolja körül azt a játékteret, amin belül az emberi tevékenység ökológiai és fizikai szempontból lehetséges; másik része azt jellemzi, hogy e játéktéren belül az emberi társadalom milyen tevékenységre lehet képes – és mikre nem. E törvényekből vezethetők le a globális környezeti fenntarthatóság feltételei. Az elmélet ellenőrzéseként a tanulmány kísérletet tesz annak az utólag evidensnek tűnő jelenségnek a megmagyarázására, hogy miért törvényszerű a Nagy Gyorsulás, és miért nem működik a szükségszerűen globális léptékű, kibocsátás-csökkentésre alapozó klímamitigáció. Az elmélet segítségével a tanulmány arra a kérdésre is megalapozott választ próbál adni, hogy vajon illúzió-e a globális környezeti fenntarthatóság.

Bevezetés. A tanulmány célja

A „fenntarthatóság” és a „fenntartható fejlődés” már egy ideje az Emberiség legfontosabbaknak tartott közös ügyei közé tartoznak. E fogalmak definícióját egyértelműnek, mindenki számára ismertnek tekintik. Ugyanígy, a fenntarthatóságot általában megvalósíthatónak tartják, és bizonyos kapcsolódó kérdésekre is egyértelműnek veszik a válaszokat.

Ilyen, egyértelműnek látszó és egyértelműnek vett válasz pl. az, hogy ha az a fenntarthatóság érdekében szükséges (pl. az ember-okozta¹ klímaváltozás lassítása céljából), akkor életvitelünkön, a környezettel kapcsolatos gondolkodásmódunkon változtatni kell, és akkor majd csökken az ember által okozott környezeti terhelés. E válasz azonban azt a ki nem mondott feltételezést tartalmazza, hogy csak az emberen múlik ez a változtatás. E feltételezés helyességét meg nem kérdőjelezve zajlik már több, mint három évtizede többek között az az egyedülálló kísérlet, hogy az Emberiség közösen állítsa meg, vagy legalább lassítsa le a saját maga által okozott klímaváltozást és stabilizálja (a számunkra kedvező formában „tartsa fenn”) a földi klimatikus viszonyokat².

A „meg tudjuk csinálni, csak akarni kell” hozzáállás sokféle más fenntarthatósági probléma³ kezelésének is az alapfeltételezése. Természet- és környezetvédők egyik kedvenc idézete is azt sugallja, hogy mi az ember dolga (ebből következően cselekvési lehetősége):

*„A természet varázsát ontja bőven,
A fűben, a virágban, a kőben.
Ó, nincs a földön oly silány anyag,
Mely így vagy úgy ne szolgálná javad,
De nincs oly jó, amelyben ne volna vész,
Ha balga módon vele visszaélsz.”*

(Shakespeare: Rómeó és Júlia, második felvonás, harmadik szín)

A „meg tudjuk csinálni, csak akarni kell” válasz ugyanakkor ellentmondásban van azzal az elképzeléssel (aminek az eredetijét Einsteinnek szokták tulajdonítani), hogy „nem oldhatjuk meg a problémáinkat ugyanazzal a felfogással, amivel létrehoztuk azokat”, márpedig nem evidens, hogy „csak úgy” megtudjuk változtatni a felfogásunkat. A jelenlegi klímaváltozást nem külső tényező, hanem az ember saját maga okozta, és ha Einsteinnek igaza van, akkor nem valószínű, de – ahogyan jeleztem – legalábbis nem evidens, hogy maga az okozó – az ember – meg is tudja azt állítani, vagy legalább le tudja azt lassítani.

¹ Az „ember-okozta klímaváltozás” kifejezést az elmúlt évtizedekben kialakult és a jövőben feltehetően tovább folytatódó globális felmelegedésre és az azzal együtt járó számos egyéb klimatikus jelenségre használom, amiket a jelenlegi konszenzus szerint elsősorban az *emberi eredetű* üvegház gáz kibocsátás és más *emberi eredetű hatások* okoznak. A tanulmányban azonban az egyszerűség kedvéért a későbbiekben a „klímaváltozás” kifejezést használom.

² Ez a kijelentés azt az érdekes kérdés-rendszert nyitja meg, hogy ha sikerülne a klímát jelentős mértékben befolyásolnunk, akkor esetleg „javítsuk is meg” a klímát ott, ahol a helyi emberek számára az túl meleg vagy hideg, túl nedves vagy száraz stb.; és hogy ilyen „javítást” úgy valósítsunk meg, hogy közben máshol, más emberek számára sem romlik a helyi klíma.

³ Azért „problémára” hivatkozok itt és más hasonló esetekben is, mert ezzel akarom jelezni, hogy a fenntarthatóság megteremtésének kísérlete egyáltalán nem evidens módon lehet mindig sikeres, ellenkezőleg, sokszor valóban problémák sokaságához vezet.

Egy ilyen elméleti intő jeltől függetlenül is, időnként érdemes újból az elejéről indítani gondolkodási folyamatokat, amivel esetleg kiküszöbölhetünk hibás elképzeléseket. *Yogi Berra* híres és sikeres baseball edző állítólag úgy kezdett minden új bajnoki évet a csapatával, hogy a játékosok elé kiállva megmutatta a labdát, és azt mondta nekik: „*A baseball-t ezzel a labdával játszá*k.”

Mivel a klímaváltozás lassítását eddig nem sikerült elérni (l. lejjebb), mindenképpen indokoltnak tűnik újra gondolni az azzal kapcsolatos eddigi elképzeléseinket. Egy, az alapokig visszanyúló kiindulópontot választva, a lehető legáltalánosabban fogalmazva nemcsak azt a kérdést kell feltenni pl., hogy miért igaz – vagy hamis – a fenti „csak rajtunk múlik” feltételezés; de fel kell vetni azt is, hogy esetleg az eddigi módszerek alkalmazásával (az üvegház gáz kibocsátás csökkentésével) nem állítható meg a klímaváltozás; sőt, esetleg *nem minden fenntartható*, hanem van olyan is, hogy *fenntarthatatlanság*. Ezt különösen azért kell hangsúlyozni, mert már korábban felvetődött az, hogy a fenntarthatóság definíciójával problémák vannak, és hogy a sokféle fenntarthatóság a gyakorlatban valójában sokféle fenntarthatatlanságot jelenthet (Somogyi, 2016).

A *fenntarthatatlanság* nagyon konkrét és fajsúlyos kérdése a jelenleg talán⁴ legfontosabb környezeti problémánkkal, a klímaváltozással⁵ kapcsolatban merül fel leginkább. Egyet hátrébb lépve a részletektől és az eddigi megoldási javaslatoktól, újból nekifutva érdemesnek tűnik feltenni újból azt a kérdést, hogy a kibocsátás-csökkentésre alapozó mitigáció egyáltalán **lehetséges-e**?

Ezt a kérdést öt évvel ezelőtt egy tanulmányban már feltettem (Somogyi, 2019)⁶, és az akkori válaszom, fő tézisem az volt, hogy **a klímaváltozás leállítása (valószínűleg) „nem lehetséges”**.

Ez a vélemény akkor teljes mértékben szembe ment, és még most is ellentétes a többségi véleménnyel. A klímaváltozás lassítását vagy megállítását („mitigáció”) a legtöbben (beleértve az ENSZ-et, az IPCC-t⁷ és az EU-t is) még mindig lehetőségként, sőt prioritásként kezelik: „*csak rajtunk múlik a megoldás*” (l. még pl. [URL1](#), [URL2](#), [URL3](#)). A „*hogyan lehet*” megállítani? kérdésfeltevés azonban véleményem szerint nem jó; helyesebb feltenni azt a kérdést, hogy *meg lehet-e állítani*, vagy a nyomasztó mennyiségben halmozódó tények alapján még inkább: *miért nem lehet megállítani?*

A 2019-es tanulmányom fő tézisének alátámasztására felhozott főbb érvek az alábbiak voltak:

- a légkör CO₂-koncentrációja gyorsuló ütemben nő és az éves adatokat mutató görbén nem látszik semmilyen megnevezhető intézkedés hatása;
- az ezt okozó kibocsátás-növekedést elsősorban a Föld népességének növekedése okozza;
- az embereknek vannak olyan igényei, amikből valójában senki nem akar engedni;

⁴ A Nagy Gyorsulás (l. később) és számos más fenntarthatósági probléma (pl. egyes ásványok készleteinek kimerülése) korában nem biztos, hogy releváns az a kérdés, hogy ezek közül vajon melyik mennyire fontos? Ennek elemzése hasznos lehet, de e tanulmányban ettől eltekintek, mint ahogyan attól is, hogy én próbáljak megadni valamilyen, szükségszerűen szubjektív sorrendet. Az viszont kétségtelenül igaz, hogy minél fontosabb kérdéstről van szó – a klímaváltozás nyilván ilyen kérdés –, annál fontosabb, hogy megalapozottan tudjunk hozzáfogni a kezeléséhez, vagyis annál fontosabb megérteni a kérdés lényegét, a vele összefüggő jelenségek okait és következményeit.

⁵ E tanulmány írásának idején már „gyakorlatilag biztos” volt, hogy 2024. nemcsak az eddigi legmelegebb év lesz a mérések óta, hanem az első olyan, amikor az átlaghőmérséklet növekedése meghaladja a Párizsi Egyezmény (PA, 2015) elfogadásakor kitűzött, akkor még tarthatónak tűnt határértéket, a 1,5 °C-t (C3S, 2024).

⁶ A 2019-es tanulmányban igyekeztem inkább népszerűsítő módszerrel élve, dialógus formájában megfogalmazni a tételeimet. A mostani tanulmány ennél „komolyabb” és még nem érett meg arra, hogy az itt is követett, standard, leíró jellegű leíráshoz képest másik formában közöljem. Azt viszont sajnos továbbra is úgy tapasztalom, hogy a saját weblapomon kívül nemigen van olyan publikálási lehetőség, ami a gondolataimat befogadná, ezért választottam a magánkiadási formát.

⁷ www.ipcc.ch

- az emberi igények a Föld eltartókéességének már a sokszorosát teszik ki;
- bármiféle jelentős technológiai változtatás felskálázása (társadalmi méretekben történő alkalmazása) nagyon költséges, hosszú ideig tart és maga is sok kibocsátással járhat;
- az ún. Jevons paradoxon (l. lejjebb is), ami akadályozza, hogy a hatékonyság-növelés tényleges kibocsátás-csökkentést tegyen lehetővé.

A tények azt mutatják, hogy az 2019-es tanulmányom óta elmúlt években a globális mitigáció területén az Emberiség szintjén szinte semmilyen sikert nem tudunk felmutatni. Ez – függetlenül attól, hogy egyben erősíti a korábbi állításaimat – önmagában vizsgálatért kiált, és arra kell intsen minket, hogy **újra és újra megvizsgáljuk, hogy egyértelműnek tűnő igazságok vajon valóban igazak-e.** Fel kell tenni azt a kérdést, hogy vajon mi lehet az oka a céloktól való távolodásnak akkor, amikor globális szinten – látszólag – komoly mitigációs erőfeszítések történnek? Előfordulhat, hogy az emberi tevékenység következtében nem lesz fenntartható az eddigi klíma?

Azt, hogy öt év után újból megkíséreljem válaszolni a fenti alapvető kérdésekre – korábbi véleményem ellenőrzése, felülvizsgálata, és a válasz kiterjesztése és jobb megalapozása céljából – már az eredeti tanulmányom írásakor beterveztem. A témában való ismételt elmélyülés eredményeként a korábbiakhoz képest jóval több (esetenként részletesebben megfogalmazott) érvet tudok felhozni a klímaváltozásra vonatkozó alapállításom („nem lehet megállítani”) alátámasztására. Ezek ismertetésén kívül azonban, a Shakespeare-i szemlélettel szemben ugyanakkor a tanulmány azt az általánosabb kérdéssel is foglalkozik, hogy egyáltalán tudatos cselekedet: „visszaélés”-e a környezetével az, amit az ember csinál?

Egyébként is, a mitigáció újragondolása a fenntarthatóság újragondolásának általánosabb kontextusában tűnik sikert ígérőnek. A fenntarthatatlanság⁸ irányából megközelítve ugyanis olyan kérdést is feltehetünk pl., hogy esetleg miért nem fenntartható a közelmúltbeli klíma? Még általánosabban pedig: tulajdonképpen mit is jelent a fenntarthatóság?

Ezekre a kérdésekre tudományos igényességgel akkor tudunk a siker reményével választ adni, ha abból indulunk ki, hogy a fenntarthatóság és a klímaváltozás kérdésköre tudományos kategória. Tudományos kategóriákra pedig a tudomány elveit és szabályait kell alkalmazni. A két legfontosabb ilyen alapelv az, hogy (1) minden állítást a lehető legnagyobb mértékben a már ismert természeti törvényekre kell alapozni, és (2) ezekre alapozva amikor csak lehet, egy-egy következtetés levonása előtt el kell végezni a szükséges számításokat.

Tanulmányommal nem egyszerűen egy új definíciót próbálok adni a fenntarthatóságra, és ezért nem is foglalkozom az eddigi definíciókkal (ezeket a vonatkozó szakirodalom már kimerítően elemezte; magamra nézve l. Somogyi, 2016). Célom a tanulmánnyal egy átfogó globális környezeti fenntarthatósági elmélet megalkotása, ami megmagyarázhat jelenségeket, és amit a gyakorlatban is sikerrel alkalmazhatunk különböző fenntarthatósági helyzetek elemzésére és megoldására.

Fenti elvekre figyelemmel, a globális környezeti fenntarthatóság és fenntarthatatlanság eddigieknél jobb megértése érdekében a tanulmány célja (1) összegyűjteni a releváns természeti törvényeket, majd (2) ezeket egy átfogó fenntarthatósági elméletbe rendezni.

⁸ A tanulmányban általában a fenntarthatóság kifejezést használom, mégpedig a környezeti fenntarthatóságra leszűkített értelemben. Ezt a szóhasználatot azonban csak a konvenciók miatt és az egyszerűség érdekében követem; a tanulmány tárgya éppen az, hogy létezik fenntarthatatlanság is; hogy a fenntarthatóság milyen körülmények között valósítható meg; és milyen körülmények között kell fenntarthatatlanságról beszélni.

Az elmélet működtetésére, ellenőrzésére az utolsó előtti két fejezet szolgál. Ez egyben egy kísérlet arra nézve is, hogy megmagyarázzuk, hogy miért vannak eleve sikertelenségre ítélve az eddigi, kibocsátás-csökkentést, és végső soron ezen keresztül a korábban megszokott klíma fenntartását célzó mitigációs próbálkozások.

E célok megvalósítása érdekében – ahogyan jeleztem – először azzal a kérdéssel szükséges foglalkozni, hogy mely természeti törvények lehetnek relevánsak a környezeti fenntarthatóságra nézve.

A környezeti fenntarthatóság Természeti Törvények függvénye

A természeti törvények egyikéről-másikáról hallottunk-olvastunk, és „magától értetődik”, hogy legalább impliciten ezekre a törvényekre szoktunk hivatkozni. *A gyakorlatban azonban sokszor valójában nem ezek képezik gondolkodásunk alapjait. Ezen írás egyik fő alapvetése viszont éppen az, hogy ezen törvényekből kiindulva kellene kidolgozni a környezeti problémáink megoldására tett javaslatokat, igazolni, hogy azok működőképeseek, és ennek részeként ezen törvények megismertetését kellene az oktatás középpontjába is állítani.*

A természeti törvények olyan kényszerítő erőt képviselnek, ami adott helyzetben meghatározza bizonyos jelenségek lefolyását. Ha tudjuk, hogy egy-egy ilyen helyzetben mely törvény(ek) működik (működnek), akkor egy ismert kiindulóponttól kezdve levezethetjük – megjósolhatjuk –, hogy azt követően (valamilyen változó – nem feltétlenül az idő – függvényében) minek kell történnie. Ez a fajta logikai levezetés (ha a természettudományokban csak statisztikai értelemben is, l. lejjebb) hasonlít a matematikai levezetésekhez: ismert kiindulási állításból és kiindulási feltételek mellett, a már ismert törvények (valamint definíciók és tételek) segítségével törvényi biztonsággal levezethetők más állítások. **A Természetet a Törvényei nyelvén érthetjük meg legjobban**, és ha meg akarunk érteni okokat, folyamatokat és jelenségeket, a legjobban tesszük, ha a megfelelő, és számunkra ismert törvényeket alkalmazzuk.

Az elméleten túlmenően hasonlóan kell eljárunk akkor, ha azt szeretnénk megtudni, hogy bizonyos esetekben mik a számunkra szükséges vagy hasznos tevékenységek vagy intézkedések. Így pl. a megfelelő törvények ismeretében érthetjük meg azt, hogy elkerülhetünk-e bizonyos nem kívánt eseményeket vagy nem; de azt is felderíthetjük, hogy e kísérletek sikeresek lehetnek-e, vagy csak emberi és fizikai energiákat pazarló, eleve kudarcra ítélt próbálkozások, vágy-vezérelt ötletek?

Megint másképp fogalmazva: nemcsak az olyan információkat szükséges elemezni és ismerni, mint hogy pl. mekkora az Emberiség lábnyoma (akármit is jelentsen az, l. Somogyi, 2016), hanem azt is, hogy mennyire függünk *számunkra kontrollálhatatlan* tényezőktől, és hogy a befolyásolni *szándékozott* folyamatokat milyen jellegű és milyen erős *tőlünk független erők* határozzák meg. Ezeket a tőlünk független, általunk nem kontrollálható és módosítható erőket hívjuk Természeti Törvényeknek.

Az alábbiakban részletesebben tárgyalom a globális környezeti fenntarthatóságra nézve fontosabbnak tartott törvényeket. Az elvont törvények demonstrálása, elemzése érdekében, és azért, hogy ennek segítségével további következtetéseket vonhassak le, az egyes törvényeket példaként igyekszem vonatkoztatni különböző konkrét esetekre, elsősorban a klímaváltozásra. Az elemzés sikere esetében közelebb kerülhetünk annak a kiemelt kérdésnek a helyes megválaszolásához is, hogy mit is kezdjünk a klímaváltozással (l. még: Somogyi, 2024b).

A törvények tárgyalása előtt szükséges lerögzíteni, hogy szigorú értelemben véve a kellő mértékben természetesen most még valószínűleg nem ismerünk és nem is értünk minden releváns Törvényt. Ez különösen vonatkozik azokra az alábbi tételekre, amelyeket talán – legalábbis ilyen formában és/vagy a téma kontextusában – először fogalmazok meg.

Ezen felül a megoldásokhoz szükséges, kiindulásként használható tételeink szigorú értelemben véve nem minden esetben tekinthetők olyan törvényeknek, amiket tudományosan azoknak tekinthetünk, s amik mögött tudományos konszenzus áll. Ezért – az alázatosság jegyében – fontos rögzíteni azt is, hogy mennyire biztosnak tekintjük a különféle tételeket: premissákat (előzetes tételeket), feltételezéseket, egyéb tételeket, tényeket, hipotéziseket és törvényeket. Ennek egyik formája mindenekelőtt az, hogy minden tételről a saját kategóriájának megfelelően beszélünk. Különösen alázatosan kell használni a fentiek kombinálásával kapott, a világ „működésének” elemzésére használt modelleket. Annak érdekében azonban, hogy ne vonja el a figyelmet az, hogy éppen milyen típusú tételről van szó az elméletalkotásnál, az alábbiakban eltekintek attól, hogy a később idézett tételek melyik kategóriába tartozhatnak.

A különböző fenti koncepciók és fogalmak minden elmélet részét képezik, értelmezésük azonban nem egységes. Az alábbiakban röviden ismertetem, hogy e tanulmányban én hogyan is értelmezem ezeket.

A **Törvények** többnyire kvantitatív összefüggések különböző jelenségek között. Az maga lényeges információ, hogy egy-egy jelenség a rá vonatkozó törvény szerint mely más tényezőktől (változóktól) függ (mely tényezőkkel van valamilyen összefüggésben), vagy hogy – ami ezzel logikailag analóg – mely más tényezőktől nem függ. A tudomány mai állása szerint a törvények általános, helytől és időtől függetlenül létező és ható olyan erőkre utalnak, amelyek meghatározzák mind a jelenségek előfordulását, mind pedig az előfordulás módját.

Bár sok természeti törvény esetén közismertnek vehető annak léte és természete, a későbbiek miatt célszerű egy példán bemutatni, hogy a *gyakorlatban* mit is értek törvényen. Ennek éppen a klímaváltozásra vonatkozó, az utolsó előtti fejezetben tárgyalt következtetéseket illetően van nagy jelentősége.

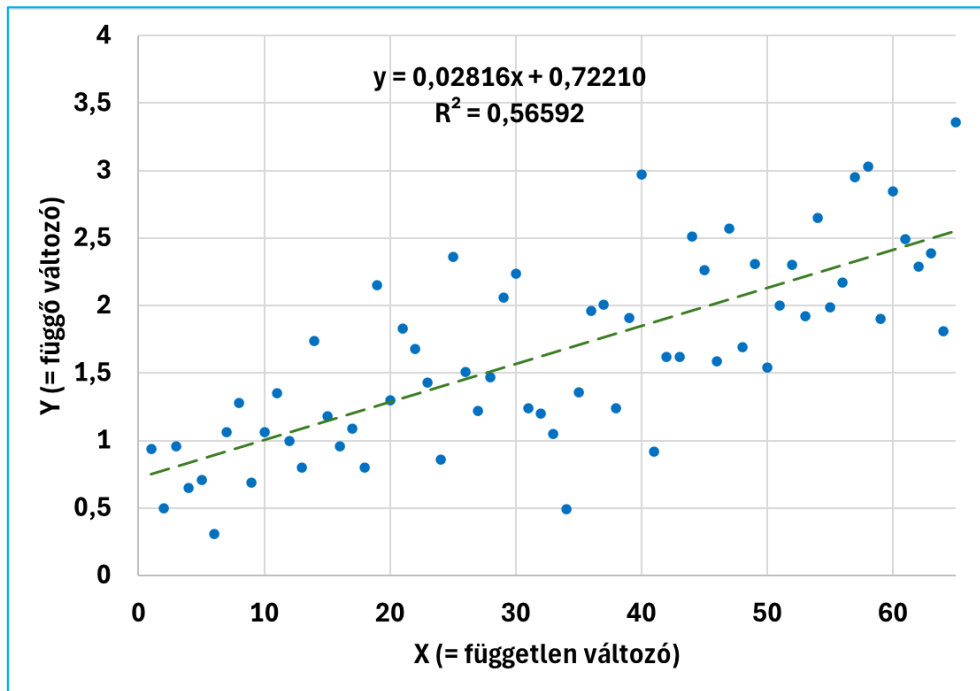
Tegyük fel, hogy jó okunk van összefüggést keresni **X** és **Y** jelenség között. Ez azt jelenti, hogy úgy gondoljuk, hogy ha **X** értéke változik, akkor **Y** értéke is változik, de nem akárhogyan, vagy nem véletlenszerűen, hanem egy többé-kevésbé meghatározott módon, pl. ha **X** valamilyen **a** egységnyivel nő, akkor **Y** is nő valamilyen **b** egységnyivel. Ahhoz, hogy az összefüggést jobban megismerjük, megfelelő körülmények között megmérjük⁹ **X** és **Y** egymáshoz tartozó értékeit (vagyis azt, hogy adott **X** értékekhez milyen **Y** értékek tartoznak). Tételezzük fel, hogy olyan **X-Y** adatpárokat kapunk, amilyeneket az **1. ábra** mutat (l. a következő oldalt).

Az ábrán a pontokkal ábrázolt adatokra statisztikai (regressziós) módszerrel illeszthető egy olyan függvény (egy egyenes), ami azt mutatja meg, hogy ha **X**-et változtatjuk (pl. növeljük), akkor **Y** változik-e, és ha igen, akkor hogyan. Az ábra szerint **Y** *tendencia-szerűen* változik, ami nem azt jelenti, hogy **X** egységnyi érték-változására **Y** értéke mindig pontosan ugyanannyival változik. **X**=20 esetén pl. van egy pont az ábrán, ami majdnem pontosan az egyenesen található. Ha **X**-t eggyel növeljük, a hozzá tartozó **Y** nem feltétlenül akkora lesz, hogy az újabb pont is az egyenesre kerüljön; az **X**=21-hez tartozó **Y** nem is

⁹ Megjegyzendő, hogy a gyakorlatban sokszor előfordul, hogy a fentihez hasonló ábrát akkor is kaphatunk, ha nem céltudatosan **X-Y** párokban mértük az adatokat, és csak *azután* kezdünk gyanakodni valamilyen összefüggésre, miután már az ábrán látjuk az adatokat. A példában tehát nem az a lényeg, hogy mikortól kezdve kezdünk gyanakodni összefüggésre, hanem az, hogy **X** és **Y** között vajon van-e ilyen, törvénynek nevezhető összefüggés, és ezen keresztül az, hogy mit is értünk törvénynek nevezhető összefüggésen.

esik az egyenesre. Az ábra szerinti adatpárok szinte mindegyikénél éppen ez a helyzet: nem pontosan a rájuk illesztett regressziós egyenesen helyezkednek el, vagyis Y értékeire X hatással van, de van(nak) más hatótényező(k) is.

Ez a legtöbb vizsgált jelenség esetén így van. Az X - Y adatpárok szóródását, egy-egy pont egyedi helyét általában *nem egy, hanem több változó szokta meghatározni*. Még a fizikában is általában több törvény hatását lehet egy-egy jelenségnél észlelni és kimutatni; a biológiai, ökológiai és társadalmi jelenségeknél hatványozottabban ez a helyzet¹⁰.



1. ábra. Példa mérésakor kapott X - Y értékpárookra és a rájuk illesztett, a két változó közti összefüggésre jellemző regressziós egyenesre. A regresszió főbb statisztikái az ábra tetején láthatók.

Ha el is fogadjuk a törvények statisztikai jellegét, feltehető az a kérdés, hogy mondhatjuk-e, hogy X és Y között van valamilyen törvényi erejű összefüggés? (Másként: azt, hogy az X - Y pontpárok a regressziós egyenes körül szóródnak, jelenti-e azt, hogy közöttük létezik valamilyen törvényi erejű összefüggés?)

E tanulmány keretei között a válaszom az, hogy igen, mondhatjuk, sőt, határozottan ki kell jelentenünk, hogy X és Y között van valamilyen törvényi, vagyis kényszerítő erejű összefüggés. Ennek minőségéről, okairól a bemutatott információk alapján nem állítható semmi, de a tudomány működésének lényegéhez tartozik az, hogy az ilyen esetekben törvényről beszélünk. Ez nem jelenti azt, hogy Y értékeit csak X határozza meg, de azt igen, hogy X is, mégpedig a regressziós egyenes által leírt módon.

A fentiek egy másik példán talán jobban érthetőek. A mérési pontok még az olyan, (ma már) egyszerűnek tűnő fizikai törvények esetében is szóródnak, mint Ohm törvénye, ami az elektromos feszültség (V), az

¹⁰ A bemutatott példa ún. kétváltozós esetre vonatkozik. A gyakorlatban egyszerre több vagy sok változó között is ki lehet mutatni összefüggéseket. (Az összefüggés-vizsgálat esetén ilyenkor is maradhatnak olyan hatások, amiket a statisztikai vagy más vizsgálattal nem tudunk kimutatni. Ez azt jelenti, hogy a jelenséget a vizsgáltakon kívül még más tényezők is befolyásolják.)

áramerősség (I) és az ellenállás (R) közötti összefüggéseket írja le. Adott hőmérsékleten szinte matematikai pontossággal működik az $I = V / R$ összefüggés; ha azonban megváltozik a hőmérséklet (és ez nagyon sok áramkör esetében megtörténik működés közben), akkor R értéke is megváltozik, és a V és I mérési pontok eltolódnak az eredeti összefüggésben szereplő R értéknél mért pontokhoz képest. Igaz, hogy Ohm törvénye esetén a mért adatok általában sokkal közelebb esnek az $I = V / R$ összefüggést leíró egyeneshez, mint az **1. ábrán** látható pontok, de pontosan nem illeszkednek az egyenesre. Ennek, ha más nem, az az oka, hogy a mérési értékeket minden esetben valamilyen mérési hiba terheli.

Önmagában az tehát, hogy egy-egy jelenség vizsgálatakor a mérési pontok nem pontosan illeszkednek egy trendvonalra – esetünkben szóródnak az illesztett egyenes körül – nem jelenti azt, hogy a két változó között nincs törvényszerű összefüggés. Ha X növekvő értékeihez Y -nak *tendencia-szerűen* mindig nagyobb értékei tartoznak, akkor következtetésként le szoktuk vonni (amíg ezt az elképzelést nem cáfolja meg valami), hogy X és Y között létezik valamilyen összefüggés.

Itt nem szükséges belemenni abba a kérdésbe, hogy X vajon *oka*-e Y -nak (vagy éppen fordítva), vagy esetleg csak a két változó együtt-mozgásáról (korrelációjáról) van-e szó. Ezt külön vizsgálatokkal kell elemezni minden jelenség esetében. Tárgyunk szempontjából elég lerögzíteni, hogy ha a tapasztalat azt mutatja, hogy a két változó legalább korrelál, akkor kimondhatjuk, hogy létezik vagy egy közöttük közvetlenül működő, vagy egy azokkal valamilyen más, indirekt módon működő összefüggés. Ha ezt az összefüggést elég sokféleképpen leteszteljük és az egyezik más releváns elméleti megfontolásokkal, akkor még tovább lépve mondhatjuk, hogy emögött az összefüggés mögött (még ha annak részleteit, természetét nem is ismerjük) létezik egy kényszerítő erő. Végül pedig, ha az X és Y közötti összefüggés okát, természetét nem is ismerjük, de az összefüggés tényét jellegét igen, akkor azt bizonyos korlátok között felhasználhatjuk arra, hogy X változásából következtetést vonjunk le Y változására nézve. Ha a következtetést számszerűsíteni is tudjuk, akkor a két változóra vonatkozó összefüggésre törvényként hivatkozunk.

Követve a tudományban általában alkalmazott terminológiát, törvényeken ebben a tanulmányban az ilyen jellegű, kvantitatív következtetések levonását legalább elvben lehetővé tévő szabályokat értek.

Olyan összefüggések is léteznek szép számmal, amelyek következtetések levonására felhasználhatók, de a kvantifikálásukhoz (és így a következtetések kvantifikálására) nincsen elég ismeretünk, adatunk, mérésünk stb. Ezeket (hacsak azt külön nem jelzem az alábbi kategóriák valamelyikébe történő sorolással) **tétel**nek nevezem¹¹.

A **hipotézisek** kevésbé biztos, az összefüggéseket még csak „gyanító”, további tudományos vizsgálatok segítségével történő megerősítésre váró állítások. Ez nem jelenti azt, hogy a hipotézisek ne lehetnének igazak, csak azt, hogy ezen állítások igazságáról még nem, vagy kevésbé vagyunk meggyőződve, mint a törvényekéről. Ezen állítások ugyanakkor olyan feltételezések, amelyekre nézve vannak bizonyos kiindulási tényeink (megfigyeléseink) és állításaink, tehát egy véletlenszerű állításnál nagyobb valószínűséggel lehetnek igazak. A hipotéziseket később, megcáfolásuk esetén el kell vetni, addig azonban hasznosak lehetnek egy elmélet-alkotásnál.

A **megfigyelések** világunk múltbéli jelenségeinek monitorozásával kapott (azok időbeli vagy más változók szerinti alakulására vonatkozó), bizonyos tényeket rögzítő állítások. Megfigyelésekre a törvények

¹¹ E tanulmánynak nem célja „pontos” elnevezéseket adni és „pontos” kategorizálást használni, főleg ott, ahol – egyéb ismeret híján – saját elnevezést, megfogalmazást vagy definíciót használok. A törvények, tételek és más állítások összegyűjtése és egy gondolatmeneten belüli alkalmazásának: egy fenntarthatósági elmélet felállításának az a célja, hogy abból a fenntarthatóságra és a klímaváltozás megfelelő kezelésére nézve elegendően alátámasztott, természeti törvényekre és más ismeretekre alapozott következtetéseket lehessen levonni.

és hipotézisek mellett is szükségünk lehet. A megfigyelések speciális esetei bizonyos konkrét **tények**, amiket – a törvényekhez hasonlóan – nem tudunk megváltoztatni. Ilyen tény pl., hogy a Földnek egyetlen atmoszférája van. Összefüggések, kényszerítő erők az ilyen tényekből is adódhatnak, ezért az, hogy valami „tény”, akár törvénynek is nevezhetjük.

A fentiek segítségével, azok kombinálásával a világ megértése, ismereteink „működtetése”, különféle jóslatok (predikciók), elemzések végzése érdekében **modelleket** konstruálunk, amik gyakran kvantitatívak. Ezekkel a jövőre nézve, vagy különböző, a jelenségeket magyarázni képes változók függvényében fogalmazhatunk meg állításokat az általunk relevánsnak gondolt jelenségekre vonatkozóan. Ilyen modell az pl., amivel arra keressük a választ, hogy hogyan alakulhat a földi klíma a jövőben, ha feltételezzük, hogy adott ütemben és módon folytatjuk az üvegház gáz kibocsátásunkat, vagy amivel éppenséggel megpróbáljuk megmagyarázni a globális felmelegedés jelenségét. Amikor a jövőről gondolkodunk, mindenképpen szükségünk van a „*vajon mi történik akkor, ha...?*” típusú kérdésekre adott válaszokra annak érdekében, hogy modelljeinkkel megbecsülhessük, milyen jövőbeli helyzetekre számíthatunk. Az említett kérdésekre adott válaszokat, amik tehát bizonyos jelenségek egyfajta kimenetelére vonatkozó feltételezést jelentenek, forgatókönyveknek hívjuk. Ilyen forgatókönyv pl. az, hogy feltételezzük, hogy a benzines (vagyis fosszilis tüzelőanyag segítségével működtetett) autók gyártását sikerül leállítani 2035-ig és azután már csak elektromos autókat hoznak majd forgalomba. Ilyen forgatókönyvekkel lehet aztán pl. megvizsgálni azt, hogy milyen hatása lehet egy-egy intézkedésnek az Emberiség összesített CO₂-kibocsátására?

Minél több releváns Törvényt ismerünk, és minél több és jobb további tételt tudunk meghatározni, annál nagyobb az esélyünk arra, hogy helyes következtetéseket fogalmazzunk meg a jövőbeli teendőkre vonatkozóan. Ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy már a fenti forgatókönyvekben is, és azokon kívül is, de a modell bármely komponensével kapcsolatban is szükségszerűen különböző **feltételezéseket** is megfogalmazzunk, mégpedig nagyon gyakran. A szükségszerűség egyik oka, hogy a törvényeknek feltehetőleg csak a kis részét ismerjük, viszont csak ilyen feltételezések bevonásával tehetjük működőképessé a modelleket. Például, ha a modell egy-egy paraméterére vonatkozóan nincsen megbízható, mért vagy becsült értékünk – ez nagyon gyakran előfordul –, akkor valamilyen realiztikusnak vélt, de csak feltételezések alapján levezethető, és csak feltételezésnek tekinthető értékkel próbálkozhatunk.

(A fentiekéről részletesebben l. Somogyi, 2024a, „A tudományos megismerés szintjei” c. fejezet.)

A fenti állítás-féleségeket – mint említettem – a tanulmány többnyire koncepcionális szintjén, az egyszerűség kedvéért akkor is törvényként kezelek, ha éppen egyértelműen nem törvényről van szó. Ennek célja az, hogy ha elfogadjuk, hogy a tétel igaz, akkor azt ténylegesen ható olyan kényszerítő tényezőnek tekinthetjük, aminek a hatását vizsgálni tudjuk, annak következményeit le tudjuk vezetni. Az elmélet alkalmazásakor természetesen nem kerülhető el, hogy a különböző tételeket a megismerés megfelelő szintjén kezeljük.

E tanulmány nem a különböző tételek episztemológiai lényegét, okait vagy megbízhatóságát elemzi. Sokkal inkább arra kíváncsi, hogy egyáltalán mik lehetnek azok a tényezők, amik kényszerítő erővel bírnak a fenntarthatóság megvalósíthatósága szempontjából. Ezek az erők a Természet erői abban az értelemben, hogy az ember akaratától függetlenek. (Természeti egy törvény ebben az értelemben akkor is, ha emberekre vonatkozik. Sőt, minden, ember alkotta törvénynek is csak a természeti törvények által meghatározott határokon belül van lehetősége befolyásolni az emberek vagy a társadalom működését.)

A „törvény” jelentése ebben az értelemben az, hogy nem lehet őket kiiktatni, nem lehet velük „kompromisszumokat kötni”, nem lehet őket „lekorruptálni” és ehhez hasonló; csak „engedelmeskedni” lehet (muszáj) nekik (bár senki nem kérdezi meg egyik embertől sem, hogy hajlandó-

e erre). Sem a környezetet, sem pedig az élelmiszer- és ivóvíz-ellátásunkat nem lehet pl. kompromisszumos alapon megvédeni vagy fejleszteni a természeti törvényekkel szemben. E törvényekhez vagy jól felfogott érdekünkben alkalmazkodunk, vagy azok fognak minket valamilyen, számunkra nem feltétlenül kellemes utakon haladásra kényszeríteni (l. lejjebb Kenneth Boulding tételeit).

Minden, e tanulmányban idézett törvényre és tételre áll – mint ahogyan minden tudományos tételre általában –, hogy minden bizonytalansággal vitathatók, és megvitatásuk közelebb vihet a megoldáshoz. Különösen vonatkozik ez azokra a tételekre, amik spekulációknak tűnnek. Egyik-másik, ebben a tanulmányban „törvénynek” vagy „tételnek” nevezett állítás valóban inkább spekuláció. Gyakran természetesen a spekulációk, továbbá a hipotézisek (elvből levezethető állítások) használatát a minimumra szorítani, de erre nem volt mindig lehetőség. *Ismét hangsúlyozom, hogy a tanulmányban nem célja a most még esetlegesen csak spekulációnak, hipotézisként vagy megfigyelési eredményként kezelhető, de a minél nagyobb pontosság igényével összegyűjtött és az alábbiakban megfogalmazott összes tétel helyességének vizsgálata.* Ezzel jövőbeli vizsgálatoknak és kutatásoknak kell foglalkozniuk. A tanulmány kétségtelenül talán nem mindig alátámasztott (de későbbi elemzések során vizsgálható) megállapításai nem egy előre kidolgozott koncepció alátámasztására szolgálnak. Minden megállapítást, idézett törvényt és tételt stb. a tanulmány összes állításával együtt értékelve, az azokból levonható következtetések azonosítása céljából tartottam fontosnak feltárni és tárgyalni.

A természeti törvények minden egyes emberre ugyanúgy érvényesek (ilyen pl. a gravitáció törvénye). Esetenként azonban (legalábbis látszólag) egyes embercsoportok viselkedése eltérhet attól, amit egy törvény „előír” a számukra. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a törvény „rájuk nézve nem érvényes”, csak azt, hogy egyes embercsoportok viselkedésének alakításában a körülményektől függően további törvények is szerepet játszhatnak, módosítva az általános törvény érvényesülését.

Végül aláhúzom, hogy egyrészt az alábbiakban említett törvények és más tételek nyilván csak részleges listát alkotnak; másrészt, hogy a hivatkozás nélküli törvények és más tételek vagy közismertek, vagy saját megfogalmazást képviselnek.

Az elméletállítás koncepciója

A sokféle fenntarthatósági probléma egy része lokális, másik része globális. Az általánosíthatóság kedvéért – annak érdekében, hogy el lehessen tekinteni a sok-sok helyi körülménytől –, és annak érdekében, hogy jobban koncentrálhassak a törvényekre, valamint a klímaváltozásra, a tanulmány fókuszában globális kérdések állnak. Megfelelő adaptációval azonban a tanulságok bizonyos esetekben alkalmazhatók lokális fenntarthatósági problémákra is.

A „lehetséges-e vagy nem a fenntarthatóság?”, ill. egyáltalán a „mi a fenntarthatóság?” jellegű kérdésekre kapható helyes válasz megtalálása tipikusan a kérdésben érintett jelenségek okainak és a köztük fennálló összefüggéseknek a vizsgálatát és megértését teszi szükségessé. Ezt jól szemlélteti Charles Kettering feltaláló híres állítása, mely szerint, ha egy problémát teljesen megértettünk, akkor félig már kezünkben van a megoldás is; ha viszont nem értjük a problémát, akkor nyilván sokkal kisebb eséllyel állhatunk neki a megoldásnak.

Ha azonban úgy gondoljuk, hogy megértettünk valamit, pl. azonosítottuk egy jelenség okait, akkor általában még nem értünk a megértési folyamat végére, mert a talált okoknak többnyire (vagy talán mindig) van(nak) további oka(i) egy vagy több még mélyebb dimenzióban. Ezért szükség lehet arra, hogy az első lépésben azonosított okoknál mélyebbre ássunk le. Erre utal egy másik híres, Seavareid-től (1968) származó, elsősorban a mindennapi gyakorlatra vonatkozó megállapítás: „A problémák fő okai a

megoldások”. Ez a paradoxonnak tűnő tétel nem állít kevesebbet, mint azt, hogy ha egy problémát csak részlegesen értünk, akkor találhatunk rá „megoldást”, de ezzel esetleg más – és nagyobb – problémát okozhatunk. Ennek egyik legjobb példája a mezőgazdasági kártevők („probléma”) ellen bevetett DDT használata („megoldás”) az előző évszázad közepe felé, ami „néma tavaszhoz” vezetett; ezért aztán a DDT-t betiltották – de másféle vegyszereket továbbra is nagyüzemben alkalmazunk... Vigyáznunk kell tehát, nehogy a klímaváltozásnál vagy más fenntarthatósági kérdésnél ne ütközzünk hasonló problémába.

A tanulmány esetenként túlmegy egy-egy primér okon és beleás mélyebb dimenziókba is. Az okok keresésekor egy ilyen terjedelmű tanulmányban ugyanakkor nem valamiféle „végső ok” megtalálása a feladat. Praktikusági és egyéb megfontolások alapján cél lehet viszont, hogy az egymásba ágyazódó okok láncolatában eljussunk addig a szintig, aminél már megérthetjük, hogy érdemes-e valamilyen (pl. mitigációs) vállalkozásba befogni vagy nem.

A klímaváltozásra nézve az okok egymásba ágyazódására jó példa az, hogy az üvegház gázok kibocsátásával gyakran a (termelő-)vállalatokat okolják, vagy az, hogy az állam nem fenntartható gyakorlatokat (mint pl. az olajtermelés fokozása) szubvencionál a GDP növekedése érdekében. Azonban a vállalatok működését egy további ok teszi lehetővé, és a szubvenciók szükségességét, a GDP növekedésének hajszolását is egy további ok váltja ki – ez pedig maga az emberek tömegeinek a fogyasztása. Ahhoz tehát, hogy a kibocsátás okait megérthessük, az embertömegek fogyasztásának okait kell megértenünk.

Ez persze nem jelenti azt, hogy a vállalatok szintjén nem volna érdemes okokat keresni, hiszen pl. maguk a vállalatok is (a reklámjaik segítségével) próbálják az embereket ösztökélni további fogyasztásra. Ez azonban nem végső, vagy elegendően mélyen meghúzóó ok, valójában nem is új igény generálása, hanem csak eszköz abból a célból, hogy „segítsenek” az embertömegeknek abban, hogy *a már egyébként is meglévő vágyukat* egy-egy új irányban kiélhessék. A vállalatok jövedelem-éhsége (ezen belül profit-éhsége) a vásárlók igényei nélkül nem volna kielégíthető; a profit-éhség pedig a vállalat tulajdonosainak és alkalmazottainak *ugyanazon* vágya, mint az embertömegeké, hogy ti. fogyasszanak és fogyaszthassanak, ahhoz pedig jövedelem szükséges, amit viszont a vásárlók „szállítanak” a vállalatnak – és a kör bezárult.

Az okok azonosításához tehát nem elég listaszerűen ismerni a legfőbb általános természeti törvényeket, hanem fel kell tárnunk az azok közötti összefüggéseket, ill. kombinált hatásait következményeit. Ez egy nagyon komplex feladat, amit az elmélet hatálya alá tartozó különböző jelenségeknél más-más módszerekkel kell megoldani.

A természeti törvények hatása és így jelenléte nagyon különböző jellegű jelenségek mögött húzóó meg. Különböző fenntarthatósági problémák – néhány általános jellegükből adódó közös megjelenésen túlmenően – sajátos formában jelentkeznek, és e sajátosságokra fókuszálva esetleg nem vesszük észre a mindegyikükre jellemző, közös lényegét. Így pl. a klímaváltozásnál az üvegház gáz kibocsátás a probléma, ami globális felmelegedést okoz; egy-egy nyersanyag, pl. a lítium esetében viszont a kevés bányászati lehetőség (a korlátozott készlet-nagyság) jelent termelési korlátot. Ugyanakkor mindkét esetben valamilyen erőforrás végességéről van szó: a klímaváltozás esetében a kibocsátható melléktermékek elhelyezési lehetőségeinek, a lítium esetében pedig az elvben felhasználható készleteknek a növekvő felhasználási igényekhez viszonyított végességéről. Ezeket az eseteket a megfelelő általánosítással, az általános elmélet alkalmazásával ismerhetjük fel.

Az alábbiakban először az említett törvények összegyűjtésére és rövid, emlékeztető jellegű bemutatására vállalkozom. Nem feltétlenül újdonságok hangsúlyozása a cél, mint ahogyan – mint említettem – a törvények részletes elemzése se. A bemutatás a fenntarthatóság perspektívája szerint történik, és a cél

inkább az, hogy a törvények kombinációi és *összhatása* váljon minél inkább érthetővé: az pl., hogy minél több korlát akadályozza a fenntarthatóságot, annál nehezebb – esetenként lehetetlen – azt megvalósítani.

A relevánsnak ítélt törvényeket egy logikusnak talált csoportosításban tárgyalom, és a tanulmány szempontjából hasznos formában fogalmazom meg. Mint a legtöbb csoportosításnál, így itt is igaz, hogy a csoportosítást rugalmasan kell kezelni: egy-egy törvény más csoportba tartozó vagy arra nézve is releváns lehet, vagy más csoportban tárgyalt törvénnyel is kapcsolatban lehet; néhány helyen – de nem mindenhol – ezekre nézve is adok utalást.

A több esetben is triviálisnak gondolt – de a gyakorlatban sokszor nem alkalmazott – törvény, de a többi törvény és tétel összegyűjtésének, az elmélet felállításának nem elsősorban az célja, hogy triviálisnak gondolt tételeket igazoljunk, hanem inkább az, hogy nem triviális következtetéseket vonhassunk le. Többek között ebből a célból, példaként, és ellenőrzés céljából is a tanulmány végén *az elméletet több általános kérdésben is próbálom „működésbe hozni”, és ezen keresztül is elemezni a globális környezeti fenntarthatóság általános feltételeit*. Ehhez hasznos eszköz a már említett módon predikciókat tenni, több konkrét esetre, köztük a klíma fenntarthatóságára és a klímaváltozás lassítására vonatkozóan kísérek meg. A predikciókat természetesen adatokra alapozott elemzés követ, majd ebből vonok le néhány következtetést a fenntarthatóságra és a klímaváltozásra vonatkozóan is.

Az egyes törvények relevanciája függhet egy-egy konkrét fenntarthatósági eset sajátosságaitól. Az alább összegyűjtött listában ennek példaként is szerepel néhány olyan törvény (vagy itt annak tekintett tény stb.), ami a klímaváltozás, mint fenntarthatósági probléma tekintetében tűnik relevánsnak.

Minél konkrétabb jelenséget vizsgálunk, annál inkább kerülhet sor arra, hogy egy-egy törvényt sajátos névvel is illessünk, ill. hogy konkrét – talán eddig meg nem fogalmazott – módon definiáljuk azt. Névadással a hivatkozhatóság céljából ott próbálkozom, ahol hasonló tartalmú, nevű vagy megfogalmazású törvényt nem ismerek.)

A Fő Kerettörvények

A Természetnek a fenntarthatóság szempontjából legfőbb törvényei az ún. megmaradási törvények. Ezek közül kettőt emelek ki, a témához talán legjobban illeszkedő sorrendben és formában.

Az Anyag és az Energia Megmaradásának Törvénye: *anyagot és energiát a természettől „elvenni” (=kinyerni, bányászni, learatni stb.), ill. a természeti környezetnek „átadni” (pl. hulladékok, kibocsátások stb. esetén) csak úgy lehet, hogy a mozgatott anyag és energia összes mennyisége véges és állandó, legfeljebb a helye és megjelenési formája változik meg.*

Erre a törvényre annak ellenére nemigen hivatkoznak, hogy mennyire alapvető törvényről van szó; inkább a fizika és kémia sajátos „belügyének” szokták tekinteni. Számos más, a fenntarthatóságot (is) meghatározó, lejjebb tárgyalt törvény ugyanakkor e törvényből adódik, abból levezethető, ezért ezt a törvényt állandóan szem előtt kell tartani.

A fent említett és még más megmaradási törvények, valamint a földi világ végeessége azt is jelenti, hogy sok földi jelenség, mindenekelőtt a növekedés véges világban zajlik, és emiatt „*a növekedésnek vannak*

*korlátai*¹². Érdekes módon ezt a minden, mérnöki gondolkodással felvértezett szakember számára egyértelmű tény (ha úgy tetszik: törvényt) a mai világ nem tudta magáévá tenni. Erre jó példával szolgál maga a „fenntartható fejlődés” vagy a „fenntartható növekedés” fogalma is (vagy a GDP növekedésének hajszolása stb.)¹³.

A környezeti fenntarthatóság véges energia- és anyagáramlások megfelelő együtt állása, és nem attól függ, hogy a különböző írásokban, beszédekben, kutatási jelentésekben, vállalati tervekben és elemzésekben stb. hogyan dobálóznak a „fenntartható”, a „fenntartható fejlődés” vagy a „fenntarthatóság” kifejezések különféle változataival. Amennyiben „fejlődésen” növekedést, „növekedésen” pedig a termékek fizikai értelemben vett (tonnában vagy petajoulban stb. mérhető) mennyiségének a gyarapodását értjük (nem pedig az előállított, ill. felhasznált fizikai produktumok pénzbeli értékét¹⁴), és amennyiben elfogadjuk, hogy egy növekvő népességű világban szükségszerű legalább a létfenntartáshoz szükséges termékek mennyiségének növelése (l. még lejjebb), akkor belátható, hogy egy véges világban a növekedésről való lemondás nélkül a „fenntarthatóság” önellentmondás, oxymoron.

Az **Entrópia Törvénye**: a természetes folyamatoknak összességében van egy kitüntetett, a kiegyenlítettség és rendezetlenség felé mutató iránya, és minden ettől eltérő irányba (lokálisan és időlegesen) csak energia befektetésével lehet eltérni.

Ez a gyakorlatban pl. azt jelenti, hogy bármely erőforrás-használatnak (beleértve a környezetszennyezést is: a környezet anyag- és energia-felvevő képességének használatát arra, hogy hulladékainkat felvegye) anyagban és energiában mérhető, a használattól és a környezet állapotától (valamint a vizsgált időszak hosszától) függő költségei vannak.

Amíg a környezetszennyezést magától kompenzálni tudja a természet (a szennyezést semlegesíteni, a körforgásban tartani tudja), addig „nincs teendőnk”, nem érzékeljük a költségeket. Ha viszont nagyobb a szennyezés, mint amit a természet kompenzálni tud, akkor a szennyezőanyagok felhalmozódásának akadályozását: a tisztítást, ill. a szennyezés-elkerülést mesterséges módszerekkel kell végrehajtani, aminek költségei vannak, s ezek nagyon nagyok is lehetnek. Ezt a szennyező nem szívesen vállalja fel, ha nem muszáj, hanem inkább szennyezi a környezetet. Különösen igaz ez, ha ennek hatása közvetlenül vagy elsősorban másoknál jelentkezik, ami viszont a többség számára általában kedvezőtlen. Ennek kezelésére találták ki már jóideje „a szennyező fizet” elvet; az viszont, hogy ezt mennyire sikerül megvalósítani a gyakorlatban, teljesen más kérdés. Másik, újabban egyre gyakrabban (de messze nem elég intenzitással) alkalmazott módszer a körkörös anyag- és energiaáramok biztosítása (l. a „körkörös gazdaság” koncepcióját); ennek természetesen szintén költségei vannak.

A folyamatok egyirányúsága végső soron azt is jelentheti, hogy ha egy folyamat fenntarthatatlannak bizonyul és *visszafordíthatatlanná* válik, akkor végérvényes eredményhez vezethet. Ilyen pl. az, amikor egy faj kipusztul. (A félreértések elkerülése végett: ez az emberi fajjal is előfordulhat; legalábbis egyelőre nem ismert olyan természeti törvény, ami ezt a lehetőséget kizárja.)

¹² Itt természetesen Meadows et al. (1972): *The Limits to Growth* c. nagy hatású, immáron több, mint fél évszázados munkájára hivatkozom.

¹³ 2019-es tanulmányomban már hivatkoztam Kenneth Boulding megállapítására, mely szerint „Aki véges rendszerben – a Földön – végtelen növekedést képzel el, az vagy őrült, vagy közgazdász”.

¹⁴ Adott (időben állandó) nagyságú környezeti terhelést jelentő áru – pl. egy-egy ruhadarab – pénzbeli értéke azonban növekedhet, ha pl. új- és új dizájnnal fejlesztjük a ruha színösszetételét, szabását stb.

A létezés prioritási tétele: az emberi létezésnek a (hosszú távú) fenntarthatóság mellett vannak más szempontjai is, és sok embercsoportnál ezek egyike-másika – mindenekelőtt a létezés rövid távon történő biztosítása – legalábbis ideiglenesen fontosabb vagy sokkal fontosabb, mint a fenntarthatóság hosszú távú szempontjai.

A földi fajok – köztük az ember – olyanná alakultak, hogy a pillanatnyi, ill. rövid távú túlélés szükségessége és az ebből adódó, fenntarthatóságot eredményező tevékenységek „tudatosulnak” bennük (természetesen átvitt értelemben), a hosszú távon (a családok, vállalatok, kormányok stb. által belátható távlatokénál jóval hosszabb időtávon) definiálható fenntarthatóság nem. Először a személyes életfeltételeinket akarjuk kielégíteni (önvédelem, táplálkozás, egyéb biológiai szükségletek), mert ha ez nem sikerül, elpusztulunk. Ezzel az igénnyel konfliktusba kerülhet, de általában ezt követi a család, a törzs vagy a haza védelmének igénye, a jövőbeli években várható élelmiszer megtermelésének az igénye stb. A mindennapi élet gazdasági tevékenysége során is a(z) éves és más rövid távú) gazdasági sikerek, a növekedés a fontos; a hosszú távú fenntarthatóság megvalósításával a vállalkozások, önkormányzatok és kormányok nemigen foglalkoznak (legfeljebb a szavak szintjén).

A tények azt mutatják, hogy ebben a tekintetben nemcsak fejlődő (szegény) országok és ott élő emberek nem figyelnek a hosszabb számok fenntarthatóságra. A környezetet a fejlett országokban is továbbra is számos vállalat szennyezi mindenféle mérgező anyagnak a (tipikusan szegényebb emberek által) lakott területeken vagy azok közelében való elhelyezésével. Az ilyen gyakorlat felett bizonyos esetekben sok kormány is továbbra is szemet huny, esetenként kifejezetten támogatja azt (ha ezt nem is veri nagy dobra). Időről-időre nyilvánosságra kerülnek olyan esetek is, hogy egyes vállalatok veszélyes, ezért betiltott termékek előállításával továbbra is foglalkoznak, ha azokat külföldön értékesíteni tudják – a vállalat tulajdonosai számára mielőbb realizálható profit felülír minden, máshol vagy időben később jelentkező, költségként felfogható kockázatot vagy tényleges (és sokszor ismert) szennyezést, annak káros következményeit.

Az Egyetlen légkör törvénye: csak „egyetlen Földünk van”, annak pedig egyetlen légköre és egyetlen óceánja.

Ennek az evidens, de nem jelentőségén kezelt, fontos ténynek (ha úgy tetszik, törvénynek) a relevanciája a gyakorlatban az, hogy minden ember ugyanabba a légkörbe (és Óceánba) juttatja gáznemű és egyéb, a légkörben (és az óceánban) elkeveredni képes hulladékait

Ebből a törvényből következik az is, hogy *minden üvegház gáz kibocsátás csökkentésnek (mitigációnak) csak globális szinten van értelme*. Ha ugyanis a kibocsátás csökkentést nem az egész Emberiség együtt, hanem csak egyes kisebb közösségek (családok, vállalatok, országok stb.) kísérik meg, a többiek viszont tovább folytatják a különböző üvegház gázoknak a légkörbe történő kibocsátását, a globális klíma akkor is megváltozik. Szemben az alkalmazkodással, aminek mindig lokális a jelentősége, „lokális mitigáció” nem létezik.

Kényszerűen globális léptéke miatt van az is, hogy minden ország mitigációs tevékenységének eredményét (vagy eredménytelenségét) minden más ország az ENSZ által fenntartott adatbázisokon keresztül árgus szemekkel figyeli, hiszen közös és hatékony mitigációs munka nemcsak teljes transzparenciával és intenzív minőség-ellenőrzéssel, hanem csak közösen valósulhatna meg akkor is, ha az legalább elvben sikeres lehetne.

Ezért merül fel az a kérdés is, hogy az EU, amelynek (jelenleg) ambiciózus mitigációs céljai vannak, el tud-e majd érni kívánt mitigációs hatást a globális klímaváltozás lassításában a saját erőfeszítései eredményeként. Ha ugyanis az EU sok áldozatot vállal, míg mások ténylegesen nem (sőt, sok fejlődő ország terveiben az szerepel, hogy még évtizedekig növelik a kibocsátásukat, még ha esetenként valamilyen csökkentett mértékben is), a klímaváltozást tekintve mindannyian vesztesek leszünk, a gazdasági fejlődést tekintve ugyanakkor (amíg arra részben a klímaváltozás miatt is egyáltalán lehetőség lesz) esetleg leginkább csak az EU válik vesztesé.

A fenntarthatóság általános törvényei

A fenntarthatóság létrejöttének vannak a fentieknél konkrétabb, de még mindig elég általánosnak tartható törvényei is. Ezek áttekintése után tárgyalom a többi, akár jól lehatárolható módon egy-egy fizikai vagy társadalmi változóhoz köthető törvényt. Mindegyikre nézve központi szerepet játszik ugyanakkor az alábbi első, alapvetőnek tartható törvény. Ez egyrészt azért nagyon fontos, mert az alapján több más releváns törvény azonosítható, részben pedig azért, mert legalább elvben a fenntarthatóság kvantifikálhatóságának irányába mutat.

Az emberi létezés és tevékenység környezetre gyakorolt hatásának alaptörvénye: ez a hatás (legalább koncepcionális szinten) az alábbi egyenletben szereplő tényezőktől és az abban jelzett módon függ (Ehrlich és Holdren, 1971 alapján):

$$I(t) = P(t) * i(t) * hsz(t) \quad (1)$$

ahol

t = időpont vagy időszak, amire a számítást és minden más változó értékét vonatkoztatjuk;

I = az ember környezetre gyakorolt összes hatásának nagysága (egy-egy embercsoportra, vagy az Emberiség egészére vonatkozóan);

P = a népesség nagysága;

i = egy fő átlagos, az életben maradásához szükséges és/vagy minden egyéb fogyasztásából adódó (másképpen megfogalmazva: az életszínvonalból következő), 100%-os hatékonyságot feltételező környezeti hatás;

hsz = egy 1-nél nagyobb szorzótényező, amivel a fogyasztás tényleges környezeti hatása számolható a 100%-os hatékonyságú elméleti hatáshoz képest amiatt, hogy a fogyasztást lehetővé tevő technológia soha nem 100%-os hatékonyságú (**hsz** = 100 / hatékonyság%).

(Az egyenletben nagy betűvel a teljes népességre vonatkozó összegeket, kis betűvel – **t** kivételével – az átlagos értékeket jelölöm.)

Érdeemes a fenti alaptörvényt egy kvantitatív példán szemléltetni. Tegyük fel, hogy adott évben (**t**=2022) a magyar lakosság (**P**=9,5 millió ember) átlagos éves fatermék-igénye **i**=0,37 m³/fő, és ezt az igényt úgy tudjuk kielégíteni, hogy minden m³ fatermék előállításához 2m³ faanyagot vágunk ki az erdőkből (tehát a

hatékonyság = $1\text{m}^3 / 2\text{m}^3 * 100 = 50\%$, vagyis **hsz=2**). Ebben az esetben az éves összes országos faigény kielégítéséhez $I(t) = 9,5 \text{ millió fő} * 0,37 \text{ m}^3/\text{fő} * 2 = 7 \text{ millió m}^3$ faanyag kitermelésére van szükség.

(Ennél a csak közelítő számokat alkalmazó példánál természetesen eltekintettem az importtól és az exporttól. Azt is figyelmen kívül hagytam, hogy a kitermelt, de fatermék előállítására nem alkalmas faanyagot tűzifaként hasznosítjuk, amivel a környezeti terhet részben csökkentjük – mert így pl. kevesebb földgázt égetünk el energianyerés céljából –, részben viszont növeljük a káros nem-CO₂ gázok (metán, nitrogén-oxidok stb.), valamint korom és egyéb apró szennyezőanyagok kibocsátását. Végül kiemelandó az is, hogy **I** értéke – mint ahogyan **P**-é, **i**-é és **hsz**-é is – az időben változik; a fakitermelés nagysága az elmúlt 20 évben lassan növekvő tendenciát mutatott.)

A **(1) képlet** alapján kijelenthető, hogy a fenntarthatóságtól való távolodásra, potenciálisan pedig egyenesen fenntarthatatlanságra bíztat az, aki a népesség nagyságának növelése mellett érvel. Ha pl. valaki azzal érvel, hogy egy adott város vagy régió ideális helyszín egy nagyobb gyár stb. létesítésére, vagy azzal, ha új lakótelep építését szorgalmazza, ha az betelepülést von maga után, a javaslat megvalósulása esetén **P** növekedését eredményezheti. Ehhez hasonlóan, ha valaki a fogyasztás mértékének növelésére buzdít, az **i** növekedését eredményezheti; és aki a környezetre nézve ártalmas technológia bevezetése mellett érvel, az **hsz** növekedését, ill. a környezeti kapacitás csökkenését eredményezheti (l. lejjebb).

Triviálisnak tűnhet, hogy **I nagyságát több tényező együttesen határozza meg**. Ez azonban azt is jelenti – amit a gyakorlatban gyakran figyelmen kívül hagynak –, hogy megfelelő elemzés nélkül megalapozatlan minden olyan típusú kijelentés is, hogy kizárólag **P**, **i** vagy **hsz** értékének módosításával, megfelelő beállításával fenntarthatóvá tehető egy adott környezethasználat. *Önmagában* sem a népesség nagyságának, sem az egy főre eső átlagos fogyasztásnak, sem pedig a technológiai szintnek az ismerete vagy figyelembevétele nem elegendő ahhoz, hogy az összes hatást: ezen tényezők összhatását fel lehessen mérni; hogy a fenntarthatóság feltételeit meg lehessen fogalmazni; vagy hogy egy fenntarthatósági állítás igazságát vagy helyességét demonstrálni lehessen. A gyakran limitált nagyságú technológiai fejlesztésekre (melyek célja **hsz** csökkentése), **i** visszafogására, vagy a környezet védelmére (kombinált hatás) egy-egy országban fordított szükségszerűen nagy mennyiségű erőfeszítés *globálisan* jelentkező eredményét gyorsan lenullázhatja akár a népesség (**P**), akár az életszínvonal (**i**) *máshol* jelentkező, kismértékű növekedésének hatása. Az összes feltétel elemzésére ki nem térő (pl. csak a hatékonyság fejlesztésére koncentráló) „fenntartható fejlődési” koncepció (vagy pl. a mitigáció) emiatt esetenként szükségszerűen fenntarthatatlansághoz vezet, és bizonyos esetekben hamis ígéretésnek számít.

Az, hogy az **(1)** egyenlet szerint **I** nagyságát több tényező együttesen határozza meg, azt is jelenti, hogy az egyenlet valamely tényezője változásának hatását ellensúlyozni lehet egy másik tényező változtatásával. Ahhoz pl., hogy adott **I**-t fenn lehessen tartani úgy, hogy az egyenlet egyik (esetleg egyszerre két) tényezőjét *növeljük*, az egyenlet maradék tényezőjének vagy tényezőinek az értékét *csökkenteni* kell. Ha tehát pl. **i**-t, vagyis az életszínvonalat *növelni* akarjuk, **I** növekedésének elkerülése érdekében **P** és/vagy **hsz** értékét nem lehet tartani, azt *csökkenteni* kell, vagyis a fenntarthatósághoz csak **i** növelésének kompenzációja: a populáció nagyságának csökkenése és/vagy a technológiai fejlődés vezethet el.

Az elméleti lehetőségből még *nem következik*, hogy adott kompenzáció megvalósítható, vagy ha esetleg igen, akkor milyen áron. A kompenzáció esetleg csak bizonyos korlátok között hajtható végre. Emellett adott tényező minden változtatásának a változtatás mértékével általában nem lineárisan, hanem azzal nagyobb mértékben növekvő *ára* lehet egy vagy az összes többi egyéb tényezőre nézve.

i -t és I -t definiálhatjuk (meghatározhatjuk) egy-egy konkrét környezeti hatásra korlátozva (pl. a CO₂-kibocsátás nagysága), de (elméletileg) az összes környezeti hatásra együtt is (az emberi létezés és tevékenység egyszerre többféle hatást is gyakorolhat; ezeknél i és hsz különböző lehet).

Amennyiben adott környezeti kapacitás felhasználására gyakorolt hatásról (e kapacitás-használat fenntarthatóságáról) van szó, I helyett használhatjuk az U mennyiséget („utilization”), ami az alábbi megmaradási törvény megfogalmazásakor hasznos koncepció és jelölés.

A környezeti fenntarthatóság megmaradási törvénye: egy adott mértékű környezethasználat (U) adott releváns időszakokra vonatkoztatva akkor fenntartható (figyelembe véve mind a megújítható, mind a meg nem újítható kapacitásokat, és feltételezve, hogy a környezethasználat nem rongálja a környezetet), ha nem lépi túl a környezet eltartóképességét („carrying capacity”, C), vagyis $U < C$ (Somogyi, 2016). (A törvény megfordítva is megfogalmazható: adott mértékű környezethasználat és adott nagyságú környezeti eltartóképesség mellett a környezethasználat az azokból következő meghatározott hosszúságú időszak alatt lehetséges.)

Tekintsük példaként hatásnak azt, hogy igényeink kielégítése céljából valamilyen (véges) természeti erőforrást akarunk használni. Ha a használat igényelt időszakát előre definiált egységekre (adott hosszúságú fordulókra: r) bontjuk fel (pl. évekre), akkor az első ($r=1$) fordulóban

$$C_1 = C_0 + C_{ren1} + C_{e1} - C_{l1} \quad (2)$$

kapacitás áll rendelkezésre, ahol

C_0 = kezdeti kapacitás (pl. kitermelhető fakészlet);

C_{ren1} = a forduló ideje alatt megújuló (ren=„renewable”) kapacitás (letermelt erdőterület felújítása vagy felújulása következtében létrejövő fanövekedés);

C_{e1} = a forduló ideje alatt létrejött vagy létrehozott új kapacitás (e=„expansion”; pl. erdőtelepítés következtében képződött új faanyag);

C_{l1} = a forduló ideje alatt elszenvedett kapacitás-veszteség (l=„loss”; pl. erdőtűzben elégett faanyag).

A felhasználás ebben az első fordulóban akkor fenntartható, ha

$$U_1 \leq C_1 \quad (3)$$

A második fordulóban ($r=2$) rendelkezésre álló kapacitás:

$$C_2 = C_1 - U_1 + C_{ren2} + C_{e2} - C_{l2} \quad (4)$$

(ahol C_1 -t természetesen részeire lehet bontani az (1) egyenlet alapján), mert U_1 – a felhasználás – csökkenti (felhasználta) a kapacitásokat.

Az r -edik forduló után rendelkezésre álló kapacitás:

$$C_r = C_0 + \sum C_{renr} + \sum C_{er} - \sum C_{lr} - \sum U_{r-1} \quad (5)$$

és az abban a fordulóban történő felhasználás fenntartható, ha

$$U_r \leq C_r \quad (6)$$

Fentiek alapján **fenntarthatónak az a használat** nevezhető r fordulóból álló időszakban, amelynek minden fordulójára **érvényes** az **(5)** egyenlet, s amire nézve **teljesül** az alábbi, r -re való szummázó komponenseket tartalmazó **(7)** egyenlet is:

$$\sum U_r \leq C_0 + \sum C_{renr} + \sum C_{er} - \sum C_{lr} \quad (7)$$

A fakitermelésre vonatkozó példánál maradva: mivel hazánkban az évente megtermelődő faanyag az elmúlt több évtizedben (jelenleg kb. 13 millió m³/év) mindig több, vagy jóval több volt, mint a fakitermelés, elmondható, hogy a hazai erdőkben végzett erdőgazdálkodás (a kitermelt köbméterekre szűkítve a definíciót) fenntartható volt.

Ha esetleg *egy rövid ideig* $U > C_{ren} + C_e - C_l$, az önmagában még nem jelenti azt, hogy a környezethasználat hosszabb távon fenntarthatatlan. A használat ugyanis minimum addig lehetséges, amíg *hosszabb távra* összegezve U meg nem haladja a $C_0 + C_{ren} + C_e - C_l$ *hosszabb távra* összegzett értéket. Ha azonban valamely *rövid ideig* $U > C_{ren} + C_e - C_l$, akkor U -t előbb-utóbb, de lehetőség szerint minél hamarabb $C_{ren} + C_e - C_l$ értéke alá kell csökkenteni, ha el akarjuk kerülni a fenntarthatatlanságot. (Ha tehát pl. egy-egy évben mondjuk akár megduplázódna is a fakitermelés, 14 millió m³/év lenne, de csak néhány évig, még nem kellene aggódnunk azért, hogy esetleg feléljük a favagyonunkat.)

A fenti logikát nemcsak egy környezethasználat elemzésekor és tervezésekor, de természetesen a megvalósítás során is figyelembe kell venni.

A környezeti fenntarthatóság tényezőinek egymástól való függőségét kimondó törvény: az I -t leíró **(1) képletben** szereplő változók nem feltétlenül függetlenek egymástól.

Ezt az elmélet és az **(1) képlet** logikája miatt kell kimondani. Az, hogy a képletben szereplő három tényező függ-e egymástól vagy nem, konkrét helyzetektől függ, ezért e törvény jelentősége esetfüggő.

Az erőforrások nagy léptékben történő használatának korlátozottságát kimondó tétel: nagy I -t hosszabb ideig fenntartani, vagy az I -t meghatározó különböző tényezőket rövid idő alatt jelentősebben megváltoztatni csak nagyon nagy erőfeszítésekkel és fizikai erőforrásokkal lehet.

Triviálisnak tűnhet, hogy minél több ember számára akarunk hozzáférhetővé tenni erőforrásokat, annál nagyobb erőfeszítésekre és annál hosszabb időre van szükség. Kevésbé evidens, hogy a „nagyobb” vagy „hosszabb” a gyakorlatban mit (konkrétan mekkora mennyiségeket) jelent; ahhoz, hogy megalapozott véleményt mondhassunk a hozzáférhetőség várható sikerességéről, ezek nagyságát meg kell tudni becsülni. Ha valahol P (vagy másképpen a népsűrűség) nem is túl nagy (pl. egyes „fejlett” országokban), de az életszínvonal magas (i nagy), a fenntarthatóság hosszabb távon esetleg nehezebben oldható meg, mint ott, ahol P nagy, de i kicsi. Természetesen minél nagyobb P , minél nagyobb P növekedésének sebessége és minél nagyobb i , annál hosszabb ideig tarthat egy átmenet a fenntarthatóság irányába.

Az **(1)-(7) képletekben** szereplő kapacitás, C , maga is változhat U és így I nagyságának változásával: egy túlzott igénybevétel gyorsan a kapacitások kimerüléséhez és/vagy a megújulóképeség leromlásához vezethet. Az emberi népesség növekedése valóban gyakran együtt jár a használat és a rongálás növekedésével és így C csökkenésével. C növelése vagy legalább a veszteségek kompenzálása egyes helyzetekben fontossá válhat. Ezért szükséges kimondani az alább tételt is.

A környezeti kapacitások növelési lehetőségének korlátozottságát kimondó törvény: bizonyos környezeti kapacitások hozzáférhető mennyiségét az ember megváltoztathatja, de jellemzően csak korlátozott mértékben és meghatározott áron.

Nem megújuló erőforrás esetén a fogyasztás összes nagyságát a készletek határozzák meg; a készletek kimerülésének idejét viszont az aktuális fogyasztások nagysága is. Az erőforrás-használat lehetséges maximumára a rendelkezésre álló kapacitások nagyságán kívül kihatással van az aktuális fogyasztások időbeli alakulása is (pl. a kőolaj esetében: Hubbert, 1974). Nem megújuló erőforrás használatának kis növekedése is *drámaian* lecsökkentheti az erőforrások felhasználhatóságának az idejét, függően a kapacitás nagyságától. Ezért nagyon félrevezető lehet a jövőre vonatkozó minden olyan kijelentés, ami „a jelenlegi fogyasztási szint” (=zéró növekedés) feltételezésére építő számítás eredményén alapul.

C növekedése vagy növelhetősége ugyanakkor nem feltétlenül **I**-től (annak csökkenésétől), hanem **C** jellegzetességeitől és természeti környezetétől, valamint az ember pozitív beavatkozásának mértékétől is függ. Egy másik tipikus példa a túlzott mértékű, egyes fajokra koncentrált fakitermelés, ami leronthatja a faállomány és a termőhely fatermelő képességét, viszont e képesség fejlődéséhez vagy fejlesztéséhez a termőhely fizikai és ökológiai folyamatoktól függő, és a faállomány ökológiai törvényektől függő regenerációja szükséges, és e regeneráció nagyon lassú lehet. Az is előfordul azonban, hogy az ember erdőtelepítésekkel próbálja növelni a megtermelő (és így kitermelhető) faanyag mennyiségét. (Magyarországon 1930. óta kb. 900 ezer ha erdőt telepítettek, amivel közel megduplázódott a fával borított terület nagysága és az évente megtermelő faanyag-mennyiség is megnőtt.) A **C** növelésére irányuló intézkedések hatása korlátozott lehet, és jellemzően csak lassan növelhetik a kapacitásokat.

Mindez szükségessé teszi mind **U** és **I**, mind pedig **C** monitorozását, továbbá azt, hogy **C** csökkenése esetén **U**-t és ezzel együtt **I**-t akkor is csökkentjük, ha az nem csökkenő **C** esetén fenntartható lehetne.

A kapacitások kimerülését természetesen későbbre lehet tolni technológiai fejlesztésekkel, hatékonyság-növelő intézkedésekkel, reciklizálással (vagyis az erőforrás megújulóvá tételével), helyettesítő erőforrásokra való váltással. Itt is mindig az a kérdés, hogy ezek megvalósításának mi az ára.

A környezeti terhek költségei és a környezethasználat hozamai időbeli elválásának törvénye: a környezeti terhek megelőzésének, elviselésének és elhárításának költségei más időtávon jelentkezhetnek, mint a hozamok, ezért a terheket mások viselik, mint akik az ilyen terhekből származó előnyöket élvezik.

Ha egy faállományt letermelünk és a hasznosítható faanyagot eladjuk, viszonylag rövid idő alatt jelentős bevételre tehetünk szert. A letermelt, jellemzően idős fákból álló faállományt újból előállítani viszont sokszor csak jelentős költséggel, de mindig csak annyi év alatt lehet, amennyi évesek a letermelt fák. Mire az új fageneráció fái eléri az idős kort, a fakitermelők már régen nem foglalkoznak fakitermeléssel... Ilyen helyzetekben mindenképpen szükség van a költségek és hozamok időbeli átrendezésére ahhoz, hogy a rendszer üzemeltetése fenntartható legyen. Ezt a fenti erdőgazdálkodási példában segíti – de önmagában nem biztosítja – az, ha minden korosztályból kb. ugyanakkora területű faállománnyal kell gazdálkodnia az erdő kezelőjének, és ha *kötelezővé* van téve, hogy a kezelő ne csak a bevételt élvezze, hanem az erdő felújítására szükséges költséget is felvállalja.

Az életszínvonal emelkedésére, de ezen kívül még sok más irányítási feladatra vonatkozik az, hogy a kormányok, kormányfők, államelnökök, más politikusok és üzletemberek (az ún. „döntéshozók”) szokásos előre tekintési időtávja jellemzően néhány év, ritkán és akkor is csak maximum 10-20 év.

Valamivel hosszabb időtáv vonatkozhat az emberek többségére is. Ennek az a következménye elvben az, hogy a fenntarthatóság érdekében megkívánt lépések esetleges hosszú távú eredményeit a társadalom élvezi, ugyanakkor a költségeket a döntéshozók megpróbálják minimalizálni, ami sokszor a hosszú távú hasznok elmaradását eredményező döntéseket eredményez.

A generációk közötti kényszerű elosztás törvénye: *Ha a jelenlegi és jövőbeli generációk együttes igénye nagyobb a környezet eltartóképességénél, akkor nem lehet a rendelkezésre álló kapacitásokat a generációk között elosztani az igények csökkentése nélkül vagy anélkül, hogy az ne vezetne a kapacitások szükségszerű leromlásához.*

Véges világban a kapacitások is végesek, és ha az igények e véges szinteket elérik vagy meghaladják, akkor azok egy részét egy azt képviselő embercsoport csak egy másik, gyengébb embercsoport rovására tudja kielégíteni. Kik fogyaszthatnak: pl. a gazdagok vagy a szegények; a nagy vagy a kis országok vagy régiók stb.? Ezekre a kérdésekre ismerjük a mindennapos válaszokat. Egy olyan ország (azon belül is azon régió, város stb.), aminek a területén egy-egy erőforrás található, kisajátítja azt, megvonva ezzel mások jogát az erőforrás használatához (ill. csak más erőforrásokért – pénz – cserében engedi meg azt). Mindez nyilvánvaló azokból az elmúlt évtizedekben egyre erősödő, a gazdagabb és erősebb országok részéről megnyilvánuló törekvésekből is, amik a még meg nem hódított, „nemzetközinek” számító földi térségekben (Északi-sark, Antarktisz stb.) található erőforrások megszerzésére irányulnak. A (még mindig) erősebb, mások kizsákmányolására valamennyire még mindig képes országok is még mindig igyekeznek a gyengébb országok erőforrásait is maguk számára hasznosítani (ez az utóbbi években szintén a katonailag erős, külföldi missziókra képes országok közötti, a még „lerabolható” térségek megszerzésére irányuló versenyhez vezetett).

Az erőforrásoknak azonban nemcsak térbeli, hanem időbeli dimenziója is van. Kevésbé egyértelmű (bár a fenntarthatóság évtizedekkel ezelőtt megfogalmazott, és még most is széles körben alkalmazott definíció utal rá), hogy verseny van a mostani és a későbbi generációk között is; e versenyben viszont az éppen élő generációk jellemzően az „erősek”, a még meg nem születettek meg a „gyengék”, így előbbieik az utóbbiak kárára használják ki az erőforrásokat.

A közlegelők tragédiája: *a populáció és az (átlagos) életszínvonal (fogyasztás) növekedéséből kevesek profitálnak; e növekedés árát viszont a teljes populáció szokta megfizetni (Hardin, 1968).*

Profitot elérni különösen akkor lehet, ha a költség térben és időben elkülönülten jelentkezik. Ebben az esetben el lehet ugyanis hagyni a Profit = Bevétel – Költség egyenletből a Költséget. A Tragédia olyan esetekben működik, ha a költségeket illetően egyenlőtlenesség áll fenn a profitálók és a költségviselők között. Amíg viszont (erőfölény vagy valamilyen „trükk” felhasználásával) megvalósítható egy ilyen egyenlőtlenesség, előbb-utóbb mindig lesznek olyanok, akik a profitálásuk érdekében ki akarják használni azt a lehetőséget, hogy ráerőltessenek költségeket másokra. Ez összességében *i*, és végső soron *I* növekedéséhez vezet.

A fenti törvény nemcsak akkor működik, ha a profitszerző maga a közvetlen környezet-terhelő. Egy vállalat előállíthat olyan terméket is, amit éppen azok fogyasztanak (és ezzel a tulajdonosok profitját állítják elő), akik a környezeti terheket viselik. Ennek természetesen feltétele, hogy a fogyasztók maguk ne legyenek tisztában az általuk viselt terhekkal, és/vagy ne törődjenek azokkal. Még inkább paradox az a helyzet,

amikor magának a vállalatnak a tulajdonosai is viselik a terheket (mert pl. ugyanott élnek, ahol a fogyasztók), de nincsenek tisztában az általuk viselt terhekkel, és/vagy nem törődnek azokkal.

A fenti néhány törvény az Emberiség *külső* erőforrásaira vonatkozó állítás. Akkor, amikor az Emberiség a saját hatásait próbálja mérsékelni valamilyen irányítási módszerrel, maga is több további, *belső* korláttal kell szembesülnön, melyeket az alábbi tételek definiálnak.

Az emberi irányítás korlátozott lehetőségét kimondó 1. tétel: *Az Emberiség jelenleg nem rendelkezik hatékony, Emberiség szintű törvényhozói fórummal és a törvényeket érvényesíteni képes rendészeti erővel.*

Ahhoz, hogy bizonyos Emberiség szintű megoldásokat a gyakorlatban megvalósíthassunk, az országok (és más társadalmi-gazdasági egységek, pl. multinacionális vállalatok) működését befolyásolni, gyakran korlátozni képes irányítási rendszerekre volna szükség. Ennek lényege, hogy nem elég közösen azonosítani problémákat (ezt pl. az IPCC segítségével bizonyos kérdéseket illetően talán meg tudjuk valósítani); nem elég elméleti megoldásokat találni (a tudományos, üzleti és társadalmi szervezetek és folyamatok segítségével); a gyakorlatban minden lényeges résztvevőre ugyanúgy rá kell kényszeríteni a szükségesnek látszó, költséggel és áldozattal járó intézkedéseket, mint ahogyan azt országok próbálják meg elérni saját határaikon belül. Ehhez viszont nem elég a közös akarat, hanem közös, az Emberiség minden fontos részére elegendő mértékű kényszert alkalmazni képes erőre is szükség volna.

Ez nemcsak jelenleg nem áll az Emberiség rendelkezésére; de nem is látszik, hogy mikor és hogyan lehetne megszervezni egy közös, tényleg az Emberiség érdekében működő kényszerítő erőt. Ez még akkor is igaz, ha egyébként feltételezzük, hogy a közös akarat és a közösen elfogadott törvények (pl. az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye döntéseinek formájában) rendelkezésre állnak (a gyakorlatban a leggyakrabban valójában túlságosan „felvizezett” szabályokról van szó). Egy közös rendfenntartó erő kialakulására – ha az egyáltalán elvben lehetséges (l. lejjebb) – vagy további hosszú idő, vagy tényleg nagyon nagy, az Emberiséget eggyé kovácsolni képes külső hatás (vagy annak belátása) kellene. De az is lehet, hogy célszerűbb volna kimondani, hogy a belátható (vagy inkább: a szükséges) időn belül, az Emberiség evolúciója során elérhető fejlettségi szinten erre nincs esély.

Elvben az ENSZ lehetne egy „világkormány”, de az inkább egy ilyennek tekinthető szervezet látszatát képviseli, és egyelőre inkább a nagyobb és erősebb (semmiképpen nem a többséget képviselő) országok egymás közti konfliktusainak a kezelésére szolgáló szervezet. Az ENSZ-nek a valóban a világ egészére kiterjedő problémákkal foglalkozó ágai (pl. az Éghajlatváltozási Keretegyezmény) a szükséges intézkedések gyakorlatban történő alkalmazásához nem rendelkeznek sem megfelelő felhatalmazással, sem megfelelő erővel, inkább csak egyfajta – jó értelemben vett – titkárságok.

Az Éghajlatváltozási Keretegyezmény, annak Kiotói Jegyzőkönyve, ill. legújabban a Párizsi Egyezmény (PA, 2015) az „önkorlátozás” kísérlet példái. Az előző két megállapodás – különböző okok miatt – bebizonyította, hogy nem voltak képesek előidézni a kívánt hatást; az utóbbiról mostanában tűnik kiderülni, hogy az sem.

A Kiotói Jegyzőkönyv előírásai 36 olyan fejlettebb államra vonatkoztak, amik ratifikálták is azt és időközben sem léptek ki (mint pl. Kanada) a Jegyzőkönyv hatálya alól. Ezen államok az első úgynevezett vállalási időszakban (2008-2012. között) összességében jelentős (24%-os) kibocsátás-csökkentést tudtak felmutatni 1990-hez képest (nem kis részben a Szovjetunió összeomlása, valamint a 2007-2008-as világgazdasági válság miatt). Mindegyik állam „teljesítette” a vállalásait, de 9 csak úgy, hogy az teljesítés-elmaradást más országokkal való emissziókereskedelmi ügylettel ellensúlyozták. Ugyanakkor

a 36 állam a 2010-es évre kimutatott összes globális üvegház gáz kibocsátásának csak a 24%-át adta, és sok más országban nemhogy nem csökkent, hanem annyival emelkedett a kimutatott kibocsátás, hogy a globális üvegház gáz kibocsátás 1990-től 2010-ig 32%-al nőtt ([URL4](#)).

Hasonló nagyságrendű „siker” (ha annak tekintjük) az, hogy a második vállalási időszakban (2013-2020. között, szintén 1990-hez képest) 22%-al csökkent a mitigációs vállalatokban továbbra is résztvevő 34 ország kibocsátása ([URL5](#)).

A Kiotói Jegyzőkönyv látszólagos fenti „sikeréhez” az is nagyban hozzájárult, hogy az azt ratifikáló országok máshová helyezték a termelésük jelentős részét, de ezzel a környezeti kihatásokat is „exportálták”, vagyis máshol növelték a kibocsátást. Ezért nem beszélhetünk valódi, az Egyetlen Léggörre nézve sikernek tekinthető eredményről fizikai értelemben, ami igazolja, hogy az Emberiség – egyelőre – nem rendelkezik a saját sorsát befolyásolni képes eszközökkel.

Az emberi irányítás korlátozott lehetőségét kimondó 2. tétel: A közös irányítást az elkerülhetetlen (és egyébként szükséges) Emberiségen belüli diverzitás jelentős mértékben akadályozza.

A diverzitás ökológiai és társadalmi téren sok szempontból szükséges és jó. A diverzitás genetikai, formai, viselkedési, nemi, embercsoportokra stb. értelmezhető és más szinteken jelentkezik, és nem szüntethető meg; „eszköz” a fajok és így az Emberiség számára is az elkerülhetetlenül, folyamatosan jelentkező új és új környezeti problémák, kihívások kezelése, a túlélés, az alkalmazkodás érdekében.

A diverzitás egyik előidézője éppen az, hogy az egyes emberekre nem ugyanolyan módon és mértékben hatnak a kedvező és a káros külső tényezők (környezeti problémák). Ennek viszont fontos következménye az, hogy nem ugyanolyan megoldásban érdekelt mindenki; ennek belátása és ez alapján a megoldás alkalmazása így feltehetően csak rendkívüli esetben, és az emiatt elszenvedett hátrányok megfelelő kompenzációja esetén következhet be. Az ilyen kompenzációk alkalmazása viszont finoman szólva sem az erőssége az embernek...

Erre újból maga a klímaváltozás is jó példa: a melegedés (és az ezzel járó sok egyéb jelenség: a klíma szárazodása, vagy éppen csapadékosabbá válása stb. stb.) sok helyen kedvezőtlen, de vannak olyan területek is bőven, ahol a helyi lakosok pozitív fejleményként élhetik meg azt, hogy a korábban túlságosan hideg (csapadékos vagy száraz stb.) klíma számukra kedvező irányban változik. Az eltérő érdekek viszont eltérő felfogást jelentenek a „közös” irányítás tekintetében, és a nemzetközi klímátárgyalások legkiélezettebb tárgyalási pontjai közé tartoznak a kompenzációs kérdések – melyekre nézve eddig valódi megoldások nemigen születtek...

A diverzitásból eredő problémákra jó példa az is, ami többek között a fosszilis energiahordozók (egyelőre legalábbis) növekvő használatát segíti elő. Szinte mindenki, de különösen a vállalatok érdekeltek a növekedés fenntartásában, következésképpen ők a növekedés fenntartása mellett lobbiznak és – ha kell, nem éppen kesztyűs kézzel – tovább erőszakolják az e növekedés fenntartásához vezető tevékenységeket. Ez az ún. *Charles Wilson érvelés*: „*if it is good for General Motors, it is good for the United States*” (Yates, 1983), pedig a következtetés nem, hogy nem következik a premisszából, hanem kifejezetten téves lehet (l. lejjebb a közlegelők tragédiáját). Aki elég erős (elszánt és ügyes), az a saját érdekét nemcsak a közösség érdekei elé tudja helyezni, hanem meg is tudja magyarázni (legalábbis azoknak, akik ezt el is hiszik), hogy a közösség érdeke egybevág az egyéni (kisebbségi) érdekekkel.

Ugyanígy következménye van annak az általános emberi tulajdonságnak, hogy ha van valamilyen probléma, amit „máshol” is meg lehet oldani, akkor az emberek azt máshol (értsd: ha szükséges, másnak

a kárára) kell megoldani. Ez természetesen működhöz nem tudatosan (a következményekről nem tudva), de akár tudatosan is. Tipikus példa erre az, hogy a kibocsátási és egyéb problémákat mindenki „máshol” szeretné megoldani; mindenkinek „joga van” a saját életszínvonalához, annak megőrzéséhez. Ebből mindenki csak a legutolsó esetben enged, pedig már nagyon régóta közismertek az üvegház gáz kibocsátások következményei.

Ugyanígy, „máshol kell megoldani” a populációnövekedési problémákat is, „nekünk jogunk van a népességcsökkenés megállítására és megfordítására”. De akár így, akár úgy, *nincs jogunk* beleavatkozni a „máshol” élő társadalom életébe. A saját életét egyre inkább minden ország, kisebbség stb. egyre nagyobb sikerességgel tud megvédeni, és így a gazdagabb társadalmak is csak legfeljebb mások (sokak) *meggyőzése* esetén tudnák elérni a környezetvédelmi céljaikat, ha – mint ismét csak az üvegház gázokkal kapcsolatban – saját magukat is nem csapnák be a saját életmódjukkal.

Hiába terjed újabban az angol nyelvben terjed a NIMBY kifejezés („not in my back yard”, vagyis minden oké, ha az nem az én hátsó udvaromban történik). Ezt, ill. az ezzel jelölt elképzelést fejlett országokon *belül* alkalmazzák egyre több helyen: épülhet vagy működhöz valami, ami másnak (akár közvetve nekem is) előnyös, hasznot hoz, de *nem hozzám közel, engem zavarva*. Tipikus példái ennek a különböző fesztiválok: ezek pl. helyi adóbevételel járhatnak, de a helyieknek ez a fesztiválok zaja, zsúfoltsága miatt nem éri meg, ezért az ilyen fesztiválokat (pl. a Balaton Sound-ot Zamárdiban) vagy már nem rendezik meg, vagy máshová telepítik. A probléma az, hogy a globális környezeti problémákat nem lehet „kitessékelní” az udvarunkból, ha már ott is jelentkeznek. A gyarmatosítás lezárulásával egyébként is egyre kisebb esély látszik arra, hogy a helyi(nek látszó) problémákat exportálják, főleg minél nagyobb problémát kell megoldani, és minél nagyobbak a különbségek a különböző országok és kisebbségek között az életszínvonalat illetően. Amíg azonban lehetőség van az ilyen exportra, addig annak erőltetése tovább fog folyni, ez viszont nem vezethet megoldáshoz, ha az csak az Emberiség szintjén, közös erőfeszítéssel volna megoldható.

A kvantitatív elemzés szükségességének törvénye: azt, hogy egy-egy ország vagy az emberiség hol tart a fenntarthatóságban, csak kvantitatív elemzéssel lehet megbecsülni.

Világunk bonyolultsága és az emberi felfogóképesség és adathoz jutás korlátjai miatt egyáltalán nem evidens vagy könnyen érthető – miért is lenne az? –, hogy az *I*-t megadó egyenlet értéke egy-egy embercsoport vagy az egész Emberiség esetében mekkora.

Még kevésbé evidens – „érzésre” nem lehet levezetni –, hogy *I* értéke hogyan viszonyul egy valamilyen, fenntarthatónak tekinthető értékhez (a környezeti kapacitásokhoz, l. feljebb). Így pl. megfelelő számok nélkül a fakitermelésre vonatkozó fenti példásor sem volna értelmezhető oly módon, hogy válaszolni tudjunk arra a kérdésre, hogy a számolás eredményeként kapott 7 millió m³ nagyságú fakitermelés vajon sok-e vagy kevés?

A kvantitatív elemzés az emberi hatások természete és a környezet komplexitása miatt megfelelő elmélet és adatok birtokában sem könnyű, és bár e téren természetesen van fejlődés, a koncepciók nem eléggé letisztultak (Somogyi, 2016) és sok esetben továbbra is hiányzik a megfelelő adatok gyűjtése.

Még inkább nehéz a jövőre vonatkozó tervekkel, forgatókönyvekkel kapcsolatban megfelelő elemzés nélkül nyilatkozni, főleg amiatt, mert egy ilyen elemzés az ismert vagy megismerhető adatokon túlmenően is számos feltételezésre kell épüljön, és ezért a konkrét projekciókon kívül vizsgálni kell ezek megvalósulásának a lehetőségét, esetleg valószínűségét is.

Ilyen elemzés nélkül viszont fenntarthatósági témában nyilatkozni nem korrekt és nem hiteles, és ez akkor is így van, ha ezt sok politikus és vállalatvezető figyelmen kívül hagyja. De ez ugyanígy igaz sok természet- és környezetvédőre is, sőt, tudományos kutatóra is, még akkor is, ha az általuk említett, kedvezőtlen irányú folyamat a közvetlen drámai hatásánál fogva az érvelés során komolyabb hatásúnak tűnik.

Az alábbiakban az globális környezeti fenntarthatósági elméletben központi szerepet játszó **(1) képletben** szereplő változókat veszem sorba, összegyűjtve azokat a törvényeket és tételeket, amelyek speciálisan egy-egy változóra vonatkoznak.

A *P*-re vonatkozó törvények

Már az **(1) képletből** is látható módon *P*, azaz a népességszám nagyon jelentős tétel a környezeti fenntarthatóság szempontjából. Elméletileg és matematikailag sok környezeti problémát könnyebb volna megoldani, ha az emberi populáció kisebb lenne.

(Ebben az esetben nem is biztos, hogy egy-egy globális probléma létezne. Történelmileg, a mainál sokkal kisebb népességszám idején ez sokszor így is volt, és korábban ezért legfeljebb kisebb helyi problémákról lehetett beszélni. Egy „globális környezeti katasztrófa” lehetősége a XIX. században kezdett felsejleni, és egy ilyen katasztrófa veszélye a XX. század második felében vált kézzelfoghatóvá.)

A populációnagyság meghatározó méretének tétele: Ha *P* elég nagy, akkor se *i*, se *hsz* változtatásával nem lehet a kívánt hatást – és a fenntarthatóságot – elérni.

Minél nagyobb akár *P*, akár *i*, akár *hsz*, annál nagyobb nemcsak az emberi tevékenység összesített hatása, *I*, de annál nehezebb áttérni egy fenntartható pályára (*U*-t *C* szintje alá csökkenteni) vagy megvalósítani a fenntarthatóságot (*U*-t *C* szintje alatt tartani). Az **(1) képlet** három tényezője közül az Emberiség esetében talán *P* nagysága a legmeghatározóbb már most is, és a népességszám az elkövetkező néhány évtizedben várhatóan jelentősen tovább emelkedik majd (l. lejjebb). Ez azt jelenti, hogy vagy *i*-t, vagy *hsz*-t, vagy még inkább mindkettőt csökkenteni kellene. Amint azonban azt fent jeleztem, erre nemigen van esély.

P-vel kapcsolatban érdemes kiemelni, hogy a fenntarthatóság feltétele a társadalmi stabilitás is (és megfordítva). A társadalmi stabilitás úgy tűnik, hogy fordított összefüggésben van a populáció-sűrűséggel. Az ember emellett természetesen igényli a szabadságot is, erre pedig annál kisebb lehetőség van, minél nagyobb a népsűrűség. *P* növekedése ezért ezen keresztül is veszélyt jelenthet fenntarthatósági szempontból.

A populációk nagyságának változása, ΔP a fentiek szerint jelentős tényező, amit külön is érdemes elemezni. ΔP több, önmagában is elemezhető, jelentőségét tekintve is eltérő folyamat eredője. Ezekre és a köztük lévő összefüggésekre nézve a következő törvény tesz fontos állításokat.

A populáció-nagyság változásának törvénye: P változásának nagysága (ΔP) adott térségben és adott időszakban az alábbi képlet szerint alakul:

$$\Delta P = R - M (+B - K) \quad (8)$$

ahol (az időszak egészére nézve)

R = a születések száma;

M = az elhalt egyének száma;

B = a bevándorolt (az időszak végén is P -be tartozónak tekinthető) egyének száma;

K = a kivándorolt (az időszak végén P -be már nem tartozónak tekinthető) egyének száma.

Számos példa van arra, hogy állat- vagy növényfajok, vagy akár baktériumok vagy vírusok esetében az ember beleavatkozott (mert bele tudott avatkozni) a fenti folyamatok valamelyikébe, vagy akár többségébe. Ez egyes olyan esetekben, amikor célzott és nagy léptékű beavatkozásról volt szó (nem pedig pl. kórokozók vagy kártevők elterjesztéséről, ami a globális kereskedelem által nem szándékosan előidézett mellékhatása), jellemzően csak nagy energiabefektetések árán történhetett (pl. oltókampányok); és volt úgy, hogy a beavatkozást utólag megbánták (pl. nagyragadozók kiirtása nagy területekről). Fontos hangsúlyozni, hogy talán minden esetben hosszú ideig is tartott, amíg sikerült az eredetileg kitűzött célt elérni (pl. egy fajtát elterjeszteni, valamilyen kórokozót vagy kártevőt kiirtani stb.).

A ΔP definíciójáról szóló törvény ugyanakkor magára az emberiségre is vonatkozik; és ugyanígy vonatkozik ránk az is, hogy a folyamatokba beavatkozni csak nagy befektetéssel, hosszú idő alatt és nagy áldozatok árán lehet, ha egyáltalán lehet (l. lejjebb). Az Emberiség tekintetében természetesen be- és kivándorlásról nem beszélhetünk, tehát itt „nincs teendő”, vagy még inkább: a kivándorlás esetlegesen pozitív hatásaiban egyelőre¹⁵ nem reménykedhetünk. A globális környezeti problémák jelentős része (ide tartozik a klímaváltozás is) az Emberiség teljes népességszámától függ, ezért a migráció hatása földi léptékben legfeljebb csak áttételesen, az elhagyott, ill. a célállomásnál található régiókra gyakorolt, ill. a migráció következtében megnövekedett fogyasztáson (környezet-használton) keresztül érvényesül.

A népességszám önjáróságának törvénye: P alakulását az Emberiség esetében elvben számos olyan tényező határozza meg, amit tudatos kezelés esetén figyelembe kellene venni, de amit az Emberiségnek nem áll módjában kontrollálni (a szükséges mértékben biztosan nem).

P növekedését és csökkenését minden faj esetében a **(8) egyenletben** jelzett, és az azokat is egy mélyebb dimenzióban meghatározó nagyon erőteljes természeti folyamatok alakítják. Ha a saját népességünket akarnánk szabályozni, akkor az azt meghatározó folyamatokba kellene beavatkozzunk.

A mortalitást illetően talán minden társadalom célja az éhínség, megbetegedések, öregedés és katasztrófák miatti halálozás csökkentése. A halálozás csökkenése növeli a népességszámot, ezzel általában nem számolva a fenti cél pozitív megítélés alá esik. Nincs ugyanakkor jóakarátú ember, aki a csökkentés irányába lépéseket tenne: a fegyveres konfliktusokat a túlnyomó többség el akarja kerülni. A

¹⁵ Az űripar próbálkozásainak sikere arra vonatkozóan, hogy más bolygókat jelentősebb létszámmal benépesítsünk, egyelőre nagyon messzinek tűnik.

teljes népesség jelentős csökkentésének igénye legfeljebb helyileg, egy-egy „nem kívánt” etnikai kisebbség szintjén vetődik fel, bár az ilyen igények mögött akár embertömegek is állhatnak. A túl nagy népességből adódó problémákat viszont így máshogyan kell megoldani.

A születések számát tekintve van pozitív példa (pl. Kína vagy más, „fejlődő” státuszban lévő ország esetében, ahol sikerült megállítani a népességrobbanást, legalábbis átmenetileg), ugyanakkor számos „fejlett” országban a születések száma már nem elég ahhoz, hogy a csökkenő mortalitás mellett is fenntartsa az elvárt népességet, és ahol a születések számát eddig nemigen sikerült megnövelni.

A születések számának egyik meghatározó tényezője a szaporodási ráta, amire nehéz (lassan lehet csak) hatni (akár pozitív, akár negatív értelemben); azt a társadalom viszonyai (társadalom típusa; gazdasági, kulturális és ideológiai helyzet stb.) komplex összefüggés-rendszeren keresztül határozzák meg. A szaporodási ráta kezelésére (pl. a szülések számának növelése; vagy éppen a fogamzásgátlás stb.) sokféle politikát dolgoztak ki, melyek kisebb-nagyobb mértékben váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Úgy tűnik, hogy a népességnövekedés lassításának vagy megállításának alacsonyabbak a költségei, mint a megnövekedett népességszámból eredő környezeti károk kezelésének. A népességszám *növelésével* egészen biztosan nem lehet környezeti problémákat megoldani.

A populációs momentum törvénye: *P* alakulását erősen befolyásolja az a hosszú ideig elhúzódó jelenség, hogy a populáció nagysága akkor is tovább nő, ha a fertilitási ráta (*r*) csökken.

A populációs momentumnak, vagyis annak, hogy népességszámot befolyásolni kívánó intézkedések hatásai *időkéséssel* jelentkeznek, az a kiváltó oka, hogy **R**-t: a születések számát nemcsak a fertilitási ráta (az egy anyára jutó szülések száma) határozza meg, hanem az is, hogy hány olyan nő van szülésre alkalmas korban, aki hajlandó is a gyerekvállalásra, és az ilyen női népesség nagyságának a változása nem közvetlenül függ össze a fertilitási rátával.

E törvény működését jól szemlélteti Kína. Habár Kínában már 1979-ben lépett életbe a szigorú „egy-gyermek” politika, csak kb. 4 évtizeddel később állt le a populáció növekedés.

Ha tehát sikerülne is sok-sok országot rávenni arra (rájuk erőltetni?), hogy próbálják visszafogni a népességgyarapodásukat, évtizedekig eltarthat az, hogy globális szinten sikert hozzon a népességcsökkenésre irányuló stratégia – miközben a magas populáció, annak folytatódó növekedése és az emberek életszínvonal-növekedésre vonatkozó erőfeszítései további környezeti hatásokat fognak előidézni.

A növekedési kényszer törvénye: *a P* alakulását befolyásoló ráták sikeres fajoknál oly módon állítódhatnak be, hogy az nagyobb természetes bolygatás hiányában a populáció folyamatos növekedését eredményezze (Somogyi, 2019).

A növekedési kényszer törvénye egyszerű matematikai kényszereken alapul. Ha pl. egy adott időszakban a szaporodás nagyobb, mint a halálozás, akkor a populáció nagysága nő. Ugyanígy, ha a halálozás *hosszabb távon* nagyobb, mint a szaporodás, akkor a faj létszáma akár nullára is csökkenhet, vagyis a faj kihalhat. Sikeres fajok ez utóbbi lehetőséget a definícióból adódóan próbálják elkerülni. Ennek módja az, hogy a halálozási rátát e fajok a körülményekhez képest úgy igyekeznek csökkenteni, a szaporodási rátát pedig úgy igyekeznek növelni, hogy a születések száma hosszabb távon mindig meghaladja a halálozások számát. Ez viszont két-két nagyobb egymás utáni bolygatás (a faj szempontjából: katasztrófa-esemény)

közöti időszakban (ami sokszor több évtized vagy akár több évszázad is lehet) a populáció folyamatos növekedését eredményezi, hacsak azt valamilyen más tényező (pl. a populáció által igényelt erőforrások szűkössége) nem korlátozza.

(Ez a „folyamatos” növekedés nem feltétlenül a matematikai értelemben vett szigorúan növekedő függvényt jelenti, vagyis egy-egy évben vagy rövidebb időszakban az aktuális környezeti tényezők kedvezőtlensége következtében átmenetileg kicsivel nagyobb lehet a mortalitás, mint a születések száma, de a populációnagyság görbéje tendenciaszerű növekedést mutat egészen addig, amíg a környezeti erőforrások és/vagy ragadozók, károsítók vagy kórokozók útját nem állják a további növekedésnek, l. Boulding tételeit lejjebb.)

Ilyen stratégia segítségével megfelelő „tartalmékot” tud képezni a faj: egy bolygatás után, a következő bolygatásig a populáció nagysága olyan méretet érhet el, hogy a bolygatás után is marad még a faj fennmaradását biztosítani tudó, elegendő mennyiségű szaporodóképes egyed. De ez a stratégia működik jól úgy is, hogy a populáció egy bolygatás után képes legyen regenerálódni a következő bolygatásig. Nem véletlen, hogy ahol gyakoriak a bolygatások, ott éppen a magas szaporodási rátával rendelkező ún. r-stratégistáknak a legnagyobb az esélye a túlélésre; ahol pedig ritkák a bolygatások, ott a fajok kisebb szaporodási rátájúak, és inkább az egyedeknek az adott körülmények közötti versenyképessége és túlélési képessége fejlettebb.

(Természetesen ez a taktika csak bizonyos katasztrófa-méretig működik hatékonyan; a legnagyobb katasztrófák során, mint amilyenek pl. a nagyobb meteoritok becsapódása idézett elő, a legtöbb faj kipusztult. Megjegyzendő az is, hogy egy faj kipusztulásánál vagy fennmaradásánál sok más tényező is szerepet játszik. Így pl. minél nagyobb egy faj elterjedési területe, és minél kisebb területre terjed ki egy-egy katasztrófa – pl. erdőtűz –, annál kisebb egy-egy katasztrófa, ill. a fent említett fajfenntartási taktika jelentősége.)

Fentiekre maga az ember is példa. Európában pl. a XIV. században kitört pestisjárványban a lakosság harmada-fele pusztult el; előtte és utána viszont a magas szaporodási ráta biztosította, hogy ne mindenki haljon meg, és hogy a járvány után regenerálódni tudjon a népesség. A katasztrófamentes időszakok alatt bekövetkező populáció-növekedésre példa még számos, korábban és esetleg még most is védett faj (farkas, aranyakál, medvék, hód, ragadozómadarak stb). Ezek populáció-nagysága korábban az ember hatásai miatt nagyon lecsökkent; a védelem évei alatt azonban a szaporodás miatti növekedés (mínusz a védelem hatására lecsökkent mortalitás pozitív egyenlege) lassan, de biztosan minden fajnál populáció-növekedéshez vezetett, és ez több fajnál is mára már újból a túl nagy populáció-létszámból eredő, az említett fajok és az ember közötti konfliktusokhoz vezet.

Az *i*-t meghatározó sajátos törvények

Ezek közül a legevidensebb – ezért azt külön ki sem emelem – az, hogy minden embernek egyrészt az életének a fenntartásához, másrészt – ha erre lehetősége van – a nem létfontosságú tevékenységeinek a folytatásához különféle és különböző mennyiségű erőforrásokra van szüksége (ideértve természetesen a hulladékok elhelyezését is). *i* értéke ezért legfeljebb csak megközelítheti a nullát (az emberi lét legszörnyűbb körülményei között), de 0 sem lehet, pláne nem annál kisebb értéket nem vehet fel. Az arra vonatkozó törvényt viszont, hogy mely típusú fogyasztást kell preferálnia az embernek a fennmaradása érdekében, érdemes külön rögzíteni.

Az Ember biológiai korlátozottságának törvénye: az ember túléléséhez mindenképp az szükséges, hogy tele legyen a gyomra; éhező ember nem törődik a hosszú távval és a fenntarthatósággal, csak azzal, hogy mielőbb jóllakjon.

A fenti törvény (v.ö. Malthus megállapításával: „az ember létezéséhez szükség van élelmiszerre”) meghatározza az emberi igények, és ezen keresztül a környezetre gyakorolt emberi eredetű hatások legminimálisabb szintjét is.

Az ember hosszú-hosszú ideig megvolt repülés, hajózás, autók, quadozás, nyaralás és más ehhez hasonlók nélkül. Amikor – és ha majd esetleg újra – választani kell, akkor a fennmaradáshoz az élelmiszer-termelést és -ellátást választja majd mindenki, mint abszolút elsődleges fogyasztási igényt, és ez meghatározza majd a környezetre gyakorolt hatások mennyiségét és minőségét is.

Amíg folyamatosan egymilliárd fő nagyságrendű ember éhezik, vagy embertársainknak szintén százmillió vagy milliárdos nagyságrendben nincs megfelelő ivóvíze, ruházata, energiája fűteni (hűteni) vagy főzni, minimális lakótere és egészséges környezete stb. (ezen kielégítetlen igények között természetesen többszörös átfedés lehetséges), addig legalábbis az ő részükről szó sem lehet arról (nem is lehet azt tőlük elvárni), hogy fenntarthatóságra törekedjenek. Ezek az emberek minden áron a túlélésükre és életszínvonal-emelkedésre fognak összpontosítani, akármilyen hatással is lesz ez a hosszú távú globális környezeti fenntarthatóságra.

Az Ember Biológiai Korlátozottságának Törvénye – bár azt a táplálkozásra vonatkozóan fogalmaztam meg – természetesen kiterjeszhető és ki is terjesztendő minden más olyan igényre (az ivóvíz, a WC-használat, a ruházkodás, a megfelelő hőmérséklet, más természeti elemekkel szembeni védelem stb. iránti igényre), aminek kielégítése minden ember elemi, értsd: a legminimálisabb túlélésének a feltétele. A globális környezeti fenntarthatóságot feltehetően mégsem az ezen alapigények, hanem az ezeken túli összes többi igény kielégítésére való törekvés nehezíti nagyobb mértékben. Vajon miért lehet ez így?

Az ember fogyasztási kényszerének törvénye: az emberben hatalmas és kontrollálhatatlan (talán evolúciós és genetikai) késztetés van arra, hogy a számára hozzáférhető erőforrásokat minél teljesebb mértékben és minél előbb felhasználja.

Az ember puszta túléléséhez „csak” megfelelő táplálékra, öltözködésre, minimális bűvőhelyre és néhány egyéb dologra volna szükség. Ezért az **(1) egyenletben** szereplő három fő tényező közül elvben leginkább talán *i*-t lehetne csökkenteni, hiszen a mai fogyasztás jóval több, mint a létfenntartási minimum. Azonban a gyakorlatban ez is inkább csak matematikai lehetőség, mert mindenki: mind a jelenlegi 8 milliárd ember az abszolút minimumon túl vágyik betegség- és fájdalommentes, hosszú életre, de arra is, hogy az (a legkülönbélebb módokon) „tartalmas” legyen. Ezek környezeti hatásainak csökkentését azonban nehezíti egy „rossz szokásunk”. Az íratlan történelmi időkben túléléssel küzdő ember-elődeink számára a puszta túléléshez szükséges erőforrásokat is nehéz volt előteremteni, ezért feltehetően az volt a sikeres stratégia – beleégetődve genetikai programukba –, hogy mindazt elfogyasszák (és ha lehet, felhalmozzák), amit a Természet közvetlenül eléjük tárt, vagy amit sok, nehéz és veszélyes munkával meg tudtak szerezni. Bizonyos határokon belül, aki jó sokat tudott enni pl., annak több ideje, és ezért több esélye maradt arra, hogy a következő táplálkozási lehetőségig se maradjon nagyon éhen, és ezáltal táplálékszerző képességét, valamint szervezetének védekezőképességét (immunrendszerének fittségét) is fenn tudja tartani.

Ha valami, akkor ez a törvény vállalt módon spekuláció (remélem, hipotézis rangjára emeltető tétel), mégis úgy vélem, a mindennapi tapasztalatok tömege szól az érvényessége mellett (és ezért továbbra is a törvény kifejezést használom rá).

A törvény hatálya természetesen vonatkozik a majd még megszületendő emberekre is. Kérdéses (bár úgy tűnik, hogy egyértelmű rá a válasz), hogy milyen mértékben képesek az emberek lemondani az abszolút minimumnál nagyobb komfortról és lehetőségekről? Úgy tűnik - a történelem eddigi menete azt mutatja -, hogy amíg nem muszáj, alig vagy egyáltalán nem. Ebből az következik, hogy a növekedés gyakran említett lassítása vagy visszafordítása („degrowth”) – ha ez esetleg lehetséges volna – sem biztos, hogy megoldja a problémákat.

Az „én nem akarom” (= nem tudom) „a magam fogyasztását korlátozni”, „korlátozza a fogyasztását más” hozzáállás miatt lehet az, hogy leggyakrabban azzal az érveléssel lehet találkozni a fejlettebb országokban, hogy a fenntarthatóság érdekében a populáció-növekedést kell, mégpedig más (fejletlenebb) országokban megállítani (sőt, mivel a fejlett országokban öregszik és csökken a népesség, ott helyileg növelni kell azt). Erre nézve bőven találunk javaslatot: ezeket a fejlődő országokat anyagilag és technológiailag segíteni kell, csökkenteni kell az egyenlőtlenséget (miközben az nálunk megállíthatatlanul növekedni látszik), javítani kell az emberi jogok és igazságosság helyzetét, segíteni kell az oktatás fejlesztését stb.

i mai értéke szorosan összefügg az életszínvonallal, de ma már nemcsak azzal, hogy mennyi és milyen táplálékot fogyasztanak az emberek, hanem a fűtéssel, klimatizálással, öltözködéssel, más jóléti szolgáltatásokkal, az egészségüggyel, utazással, hobbikkal stb., végső soron mindannak a sok terméknek és szolgáltatásnak a mennyiségével, amit az emberek fogyasztanak. Minél nagyobb *i* (minél magasabb az életszínvonal), annál nehezebb a fenntarthatóságot megoldani és hosszabb ideig biztosítani. Emiatt a *fejlett országok alacsonyabb P és hsz mellett is nagyobb fenntarthatósági problémával nézhetnek szembe a jövőben.*

A fogyasztási kényszer akkor is működik, amikor többé-kevésbé nyilvánvaló módon hasznos lenne a fogyasztás csökkentése. A klímaváltozás hatásaitól egyre többen félnek, és egyre többen át is élték már ezeket a hatásokat. Egyre inkább próbálják az emberek rávenni a kormányaikat is arra, hogy „csináljanak már végre valamit”. Amikor azonban arra kerül a sor, hogy ők maguk is tegyenek valamit, vagy legalább viseljék el azt, amit a kormányuk elvár tőlük, akkor visszahőkölnek. Erre példa az EU ún. Green Deal-je („Zöld Megállapodása”). Ebben olyan tervek szerepeltek (pl. évente a termőföldek 4%-át pihentetni a biodiverzitás megtartása, ill. növelése érdekében), amik hosszú távú előnyökkel jártak volna mindenki számára. Ugyanakkor az uniós *mezőgazdasági termelők* voltak azok, akiknek az előnyök eléréséhez szükséges közvetlen költségeiket viselniük kellett volna. Mivel az ő gazdasági helyzetük a tervek készítése óta nem javult, hanem romlott, érthető módon számos tüntetéssel követelték az elvárások enyhítését. A talajok állapota azonban nem javul, hanem romlik (Arias-Navarro et al., 2024), ezért fenntarthatósági szempontból nem az enyhítésnek, hanem éppen a szigorításnak volna itt az ideje.

Az előállítási és fogyasztási hely elválásának tétele: *Az emberek által elfogyasztott javak egy részét (ma már túlnyomó részét) gyakran nem helyben (pl. nem a szupermarketekben) állítják elő; azokat máshonnan (akár más kontinensről) szállítják a fogyasztás helyére.*

A törvény kialakulását és működését a közlekedési technológia és infrastruktúra kifejlődése; a városi lét fejlődését kiváltó törvények, a termelés esetenkénti helybeni lehetetlensége; valamint a helyenként eltérő költségek és profit-lehetőségek tették lehetővé, ill. idézték elő.

A törvény a gyakorlatban azt jelenti, hogy a fogyasztás lábnyomának képzeletbeli térbeli határai nem feltétlenül esnek egybe meg a terméket áruló szupermarket, vagy az azt magába foglaló város, régió vagy megye, sőt ország határaival. Amikor a környezetszennyezéssel való elszámolásra kerül sor, egy szupermarket, általában minden vállalat, de városok, sőt országok, mint elszámoló-egységek arra törekednek, hogy az összes környezeti teher közül csak az adott elszámoló egységen belüli környezeti terheket vegyék figyelembe és mutassák ki, az ún. externáliákat pedig, amik a saját határain kívül jelentkeznek, azokat ne, és hogy így összességében „jobban nézzen ki” a tevékenységük. Olyan mértékben, amilyen mértékben sikerül az externáliákat másra (a társadalomra) ráterhelni, olyan mértékben nő is a profitjuk. A máshol jelentkező terhek azonban akkor is léteznek és globális szinten összeadódnak, ha arról egy elszámolási rendszerben nem veszünk tudomást. Erre jó példák az „Egyetlen Légkörünkben és Óceánunkban” felhalmozódó üvegház gázok, amelyek összességükben vezetnek klímaváltozáshoz, a tengerek elsavasodásához és más globális jelenségekhez.

A törvénynek a fentieknél fontosabb következménye az, hogy – elsősorban a szállítási és egyéb anyagmozgatási, raktározási, esetenként hűtési stb. igények miatt – a végső fogyasztási igény kielégítése a helybeni előállításához és felhasználáshoz képest nagyobb *i*-t (lábnyomot) és gyakran alacsonyabb *hsz*-t eredményez (vagy annál sokkal nagyobb), mint amire a felhasználási hely közelében történő előállítás során szükség volna, ez pedig nehezíti a globális környezeti fenntarthatóság megvalósítását, és növeli a környezeti problémákat.

A fogyasztási láncok törvénye: minél inkább fejlett egy társadalom és annak gyártási, fogyasztási és elosztási rendszere, annál több (és többféle) fogyasztást jelent egy-egy primér fogyasztás-féleség.

E törvényre a legkézenfekvőbb példa a már az előző tanulmányomban (Somogyi, 2019) is tárgyalt élelmiszer termelés és -fogyasztás. A fejlett mezőgazdasági termelés ma már korszerű¹⁶ gépekkel, eszközökkel és anyagokkal (pl. műtrágyák, növényvédő szerek stb.) történik. Ezeket azonban valahol elő kell állítani; az azok előállításához szükséges anyagot és energiát valahonnan ki kell bányászni, ill. elő kell állítani; ehhez szállításra, rakodásra van szükség; az ezekhez szükséges utakat, gépeket, eszközöket stb. szintén mind-mind meg kell építeni, elő kell állítani; és az ezek előállításához szükséges gépeket is elő kell állítani, az azokhoz szükséges anyagokkal és energiával együtt... stb. Ugyanígy, a megtermelt primér mezőgazdasági termékeket (nemcsak a primőröket, hanem a sokféle és esetenként sok lépésből álló feldolgozásra szánt elsődleges termékeket) tovább kell szállítani, át kell rakodni, raktározni és hűteni kell, fel kell dolgozni, csomagolni, a boltokba szállítani stb. stb., és természetesen az e műveletekben részt vevő eszközöket, gépeket, épületeket, utakat stb. stb. mind elő kell állítani, amihez újból szintén sok korábbi műveletre, anyagra és energiára van szükség... Mindez természetesen vonatkozik azokra a hulladékokra is, amik minden egyes lépésnél keletkeznek, amiket valahogyan kezelni (összegyűjteni, raktározni, szállítani, égetni vagy elhelyezni stb.) kell, és amiket nem tudunk (vagy még nem éri meg őket) körforgásba vonni. Nem véletlen, hogy az Emberiség összes kibocsátásának jelentős részarányát (több, mint harmadát, Crippa et al. 2021, Tubiello et al. 2021)

A fenti rendszer nagyon komplikált, sőt, komplex (az egyes lépcsőfokok és szintek bonyolult összefüggés-rendszert alkotó), valójában átláthatatlan folyamat-együttes. E rendszernek most nem a minél pontosabb leírása fontos, hanem az a megállapítás, hogy minden egyes termék vagy szolgáltatás esetén

¹⁶ A „fejlett”, „korszerű” és hasonló kifejezéseket itt értelemszerűen nem feltétlenül a fenntarthatóság szempontjából kell érteni és használni, csak abból a szempontból, hogy mit jelentenek ezek a termelésbe befektetendő emberi munka és annak termelékenységére (egységnyi emberi munkára vonatkoztatott produktum mennyiség és/vagy érték) szempontjából.

több vagy sok kapcsolódó környezeti hatással kell számolni, ami (ez talán értelmezés kérdése) *i* és/vagy **hsz** értékét, ezen keresztül pedig *I* értékét is jelentősen emeli. Részben ezért is van az, hogy a mai ember átlagos anyag- és energia-fogyasztása és környezetre gyakorolt átlagos hatása a sokszorosa annak, mint elődeinké.

Talán részben a különböző fogyasztások fent csak egy példán bemutatott egymásba ágyazódása is oka, de a fogyasztási kényszerünknek is mindenképpen következménye a következő törvény.

A Jevons paradoxon: ha valamilyen erőforrás felhasználásának hatékonysága megnő, akkor az nem vezet a felhasználás csökkenéséhez – ahogyan az egyébként várható lenne –, hanem éppen ellenkezőleg: annak növekedését eredményezi.

A hatékonyság-növekedés általában költségcsökkentést eredményez, ez viszont részben pénzügyi forrás-növekedéshez, részben fizikai erőforrás-növekedéshez vezet, ami a fogyasztási kényszer miatt további fogyasztást generál; mindez pedig összességében gyakran nagyobb környezet-rombolást okoz.

A Jevons-paradoxon így működik: tegyük fel, hogy évente X kilométert autózunk, amiben benne van valamennyi kirándulás és nyaralás is. Autónk elöregszik (fizikailag vagy erkölcsileg), és az új autó kevesebb üzemanyagot fogyaszt 100 km-en, mert az autógyártásban az előző autó vásárlása óta sikerült javítani az üzemanyag-, és így a károsanyag-kibocsátás hatékonyságát. Ez azt jelenti, hogy 100 km autózás ezután olcsóbb lesz, mint korábban. Felmerül a kérdés: mit kezdjünk a megspórolt pénzzel? Az egyik lehetőség az, hogy a pénzt betesszük a bankba kamatozni (akkor az valahol tőke formájában valamilyen termékek és szolgáltatások előállítását segíti elő, ami fogyasztáshoz vezet); a másik viszont az, hogy a pénzt elköltjük (ami a fogyasztás valamely más formájához vezet). Hosszabb távon a bankba tett pénzt is elköltjük valahogyan... Ha bankbetét helyett a pénzt pl. a korábbiaknál több autózásra – gyakoribb, és/vagy hosszabb kirándulásra, több autótut felemészítő nyaralásra stb. – költjük, akkor hiába javult az autózás hatékonysága, összességében még akár nagyobb is lehet a megtett km-ek száma és így a károsanyag-kibocsátás is, mint korábban.

A törvényben említett „erőforrást” általánosan értelmezve a törvény hatálya számos jelenségre kiterjed. Megfigyelték pl. (l. a Wikipedia-t), hogy több út építése nem a dugók csökkenéséhez, hanem nagyobb forgalomhoz vezet (az ún. **Downs-Thomson paradoxon**); gyorsabb hardver kevésbé hatékony szoftver fejlesztését eredményezi (**Wirth törvénye**), ill. új szoftverek mindig kihasználják az új (magnövelt) hardver-lehetőségeket (**Andy és Bill törvénye**).

Hasonló paradoxon az is, hogy egy városban felépített új gyár nem csökkenti, hanem növeli a munkanélküliek számát. Ha ugyanis az egyensúlyi (a gazdasági rendszer szerkezetéből és dinamikájából adódó) munkanélküliségi ráta 5%, akkor, ha egy új gyárat építenek a városba, ami átmenetileg 4%-ra lenyomja a munkanélküliséget, akkor az új munkalehetőségek hírére és a több kifizetett bér hatására valójában ennél több ember igyekszik beköltözni a városba és ott munkát találni, ezzel helyreállítva az 5%-ot. Ez az új 5% azonban egy nagyobb populációra vonatkozik, vagyis a munkanélküliek abszolút száma nem csökken, hanem nő. (Az egyensúlyhoz vezetőnél nagyobb növekedést nem feltétlenül a rendelkezésre álló munkahelyek száma, hanem pl. a városi ingatlanárak növekedése akaszthatja meg.)

A *hsz*-re vonatkozó törvények és hatások

Mivel **P**-re a tapasztalat szerint alig tudunk hatni, **i**-ből pedig nemigen akar senki engedni – sőt a fejlődő országok azt növelni akarják –, kézenfekvőnek tűnik (nem is marad hátra már semmi), és erre valóban sokszor hivatkoznak –, hogy *hsz*-t kellene csökkenteni. Ilyen, a hatékonyság-növelést célzó elképzelés az, hogy a benzines és dízelüzemű autók km-enkénti CO₂-kibocsátását folyamatosan csökkentsék, ill., hogy ezeket az autókat (a remélhető módon alacsonyabb kibocsátású erőművekben megtermelt energiát használó) elektromos autókra cseréljék.

A vágyak és más elképzelések sajnos itt is, és máshol is gyakran beleütköznek a Természet által törvények formájában felállított akadályokba.

A hatékonyság aszimmetriájának törvénye: *a hatékonyságot gyakran nagyon könnyen le lehet rombolni; visszaállítani, helyreállítani, javítani viszont sokszor vagy nem lehet, vagy sokkal nehezebb és/vagy sokkal hosszabb ideig tart.*

E törvényre jó példa a talajok már említett leromlása, ami többek között az intenzív talajművelés okozta (rövid távon terméseredmény-növelést célzó szántások során végzett) talajszerkezet-rombolás, erózió és a biodiverzitás csökkentésének az eredménye. További rombolást okoz a peszticidek használata; az urbanizáció; az infrastruktúra-fejlesztések stb. Az ilyen és ehhez hasonló helyzetekben a fenntarthatóságot fenntartani vagy azt visszaállítani nagyon lassan lehet. Erre példa az ún. „no-till”, azaz szántás nélküli, magyarul elterjedt nevén direktvetéses gazdálkodás. A szántás elhagyása a talaj bizonyos tulajdonságait idővel javítja, és ez a terméseredményeket egyes helyeken növeli – máshol azonban egyes tapasztalatok szerint csökkenti. Ugyanakkor legalább az eddigi szint megőrzéséhez is védekezésre és megelőzésre van szükség – ha arra van egyáltalán lehetőség. A tapasztalat azt mutatja, hogy a társadalmak fejlődése nem történhet területeket igénylő városi és egyéb infrastruktúra-fejlesztések nélkül; a növekvő és növekvő igényű populációk pedig egyre intenzívebb mezőgazdasági termelést igényelnek...

A felskálázás nehézségének törvénye: *ahhoz, hogy egy technológiai fejlesztés esetén a kapcsolódó *hsz* társadalmi szinten definiálható értékét (ami egy átlagos érték) jelentősen (a szükséges mértékben) csökkenteni lehessen, nem elég, hogy egy-egy új technológiát néhány (pl. fejlődő országbeli) háztartásban bevezetünk, hanem **P** minél nagyobb részére kell kiterjeszteni.*

A technológiai fejlesztések sikerében „divatos” dolog hinni. E tanulmány szerzője mindenképpen a tudományos és technikai újdonságok rajongóinak, és az ezek erejében reménykedők táborába tartozik. Ezek az érzelmek azonban nem szabad, hogy elvakítsák az embert; nem szabad vágy-vezérelt csapdába esni. Különösen vonatkozik ez azokra, akik nem értenek ezen technológiai újítások felskálázásának a természetéhez: ahhoz, hogy azok elterjesztése valójában mivel jár. Tapasztalatom szerint nemcsak arról van szó, hogy a szakmapolitikai célokat kítűzők (különböző szintű politikusok, minisztériumokban dolgozók) maguk nem mérnökök, fizikusok vagy biológusok, de arról is, hogy maguk a technológiai fejlesztéseken dolgozók is leggyakrabban csak a laborjaik határáig gondolkodnak és *nem végzik el azokat a számításokat*, amelyeket a felskálázás lehetőségének és az azzal járó erőforrás-igények feltárására és a javaslatok alátámasztására el kellene végezniük.

Az, hogy hiszünk és bízunk a problémák megoldását elvben lehetővé tevő, laboratóriumi sikerekben, de laboratóriumi léptékben megnyilvánuló emberi kreativitásban, nem szabad, hogy azt jelentse, hogy figyelmen kívül hagyjuk a *társadalmi léptékű megoldások* feltételrendszerét. Nem elég egyetlen autót „feltuningolni”; az utóbbi évtizedben évente 80-97 millió autót állítottak elő (IOMVM, 2024) és ennél nyilván több, mint egy nagyságrenddel nagyobb mennyiség volt folyamatosan forgalomban. Ezeket mind-mind hatékonyabbakra lecserélni nagyon nagy feladat.

Egy technológiai fejlesztés felskálázása globális mértékekre nemcsak beruházás-igényes (költséges), hanem hosszú ideig tarthat; a technológia elterjesztése a felskálázás mértékével arányosan a gyártás során keletkező környezeti hatásokkal (bányászat, üvegház-gáz kibocsátás, energiaigényből eredő hatások stb.) járhat (amik ráadásul esetleg legalábbis időszakosan nagyobbak, mint a leváltani akart technológiák hatásai); továbbá az átállás a régi technológiát képező eszközök hulladékká válásához vezet: ezekkel a hulladékokkal (pl. régi számítógépek; műanyag eszközök stb.) pedig szintén kell kezdeni valamit. Nem evidens, hogy mindezeknek az elvárásoknak meg lehet-e egyáltalán felelni vagy.

A felskálázás így útjában áll a mégoly jószándékú és elvben hatásos új technológiák elterjesztésének. Minél nagyobb *P*, minél nagyobb *i* és minél nagyobb mértékű hatékonyság-növelést szeretnénk elérni, annál nagyobb fontosságúak a technológiai fejlesztések, ill. annál hosszabb idő kell egy-egy új technológiára való átállásra.

A technológiai fejlődésre való hivatkozásnak a történelem az egyik, nehezen kikezdhető alapja. A tudományos, technikai és ipari forradalom kezdete óta valóban hihetetlen felfedezések és fejlesztések történtek (de már ezek közé sorolható természetesen a tűz birtokbavétele, a kerék feltalálása, a mezőgazdasági növénytermesztés és állattenyésztés megvalósítása és számos más korai felfedezés is). A sikeres technológiai fejlődés lehetősége azonban gyakran – vagy talán állítható az is, hogy az esetek többségében – illúzió: a fejlődésre vonatkozó elképzeléseket többnyire vágy-vezérelt gondolkodás fűti.

Az persze, hogy az ember – tudományos, technikai és ipari értelemben – „mindenre képes-e” és sikerül-e megoldani a mostani helyzetben a globális környezeti fenntarthatóság megvalósítása érdekében szükséges technológiai fejlesztéseket, természetesen majd utólag derül ki. Én egyelőre hajlok arra, hogy a válasz *egyértelmű nem*; és ennek legalább egyik oka az, hogy – ez szintén történelmi tapasztalat –, hogy a felfedezéseket és fejlesztéseket nem lehet tervezni és irányítani. Azok többnyire az angol nyelven „serendipity”-nek nevezett, magyarul talán leginkább „szerencsés véletlenek” nevezhető események és folyamatok (értsd: nem befolyásolható, nem korrumpálható törvények) következtében történtek meg. Az oktatási, tudományos és technológiai tevékenységek ösztönzésével és támogatásával fokozni lehet a szerencsés véletlenek gyakoriságát, ám azt, hogy mikor, hol, milyen, a gyakorlatban hasznosítható felfedezést tesz valaki, nemigen lehet irányítani.

Tudományos felfedezések nagymértékben függenek egy-egy tudományterület fejlettségétől, attól, hogy mennyire szükséges valamilyen teljesen új megközelítéssel leírni a vizsgált jelenségeket; a technológiai fejlesztések pedig nagymértékben az üzleti (társadalmi) igényektől függenek, de a fejlődést a profit-lehetőségek irányítják. Márpedig ahhoz, hogy a technológiai fejlesztések ténylegesen segíteni tudjanak, arra volna szükség, hogy a fejlesztéseket azokra a területekre fókuszáljuk, ahol azokra szükség van. Ezek részben a felskálázandó területek, mégpedig olyan fenntarthatósági kérdésekkel kapcsolatban, ahol a fenntarthatatlansággal nézünk szembe. Egyáltalán nem evidens azonban, hogy e területek egybevágóan a mindenkor aktuális, üzletileg „érdekes” területekkel.

Emellett a technológia fejlődése – különösen hatékonyság-növekedés megvalósítása esetén, a kapacitások jobb kihasználhatósága mellett – azt a látszatot kelti, hogy kevésbé fontos a kapacitáskorlátok figyelemmel kísérése. Ez természetesen nem igaz akkor, ha nagy léptékekről van szó – márpedig a globális környezeti fenntarthatóság a nagy: a globális léptékekről szól.

A technológiai fejlődéssel kapcsolatban az is rögzítendő, hogy az egyes esetekben a fenntarthatóságra nézve nem egyértelműen pozitív hatású volt. A halandóság csökkentése pl. pozitív fejleményként értékelendő, de hozzájárult a népesség növekedéséhez.

Az eddigi szédületes technológiai fejlődés elhithető, hogy „a környezeti problémákat majd megoldja valamilyen technológiai újítás”. Ez a hit azonban, ha vakká válik, akadályozhatja a fenntarthatósághoz való hozzáállás kialakulását ott, ahol erre más lehetőség hiányában elvben komolyan szükség volna.

A globális környezeti fenntarthatóság elmélete

Egy tudományos elmélet tények, összefüggések és törvények, valamint az ezeket kiegészítő hipotézisek és feltételezések olyan rendszere, amivel meg tudunk magyarázni bizonyos jelenségeket. A globális környezeti fenntarthatóság elmélete az eddigiek alapján említett komponenseinek egymással koherens ilyen rendszere. Konkrét fenntarthatósági problémák esetén az elmélet komponensei egymással egy, az adott esetnek megfelelő konkrét gondolatmenetbe rendezhetők; összességében pedig felhasználható különféle, globális léptékű fenntarthatósági problémák elemzésére és magyarázatára.

A globális környezeti fenntarthatóság elméletének működése két lépcsősnek tekinthető abból a szempontból, hogy a fenntarthatóság megvalósítását az ember hogyan próbálhatja megvalósítani. Az első lépcső az, hogy a törvényeknek tekinthető kényszerítő erők – ugyanúgy, mint más elméletek esetében – kijelölik azt a *játékteret*, amin belül a fenntarthatóság (vagy fenntarthatatlanság) kialakulásában szerepet játszó főbb jelenségek elvben előfordulhatnak; a második lépcső pedig az, hogy e játéktéren belül az ember hogyan, ill. milyen mértékben képes az jelenségek kialakulásáért felelős folyamatokat, azok feltételeit befolyásolni. A játékteret meghatározza pl. az, hogy csak egyetlen légkör van, főleg pedig az **(1)-(8) képletekben** szereplő mennyiségek és összefüggések, mint fizikai-ökológiai korlátok; a játéktéren belüli mozgást pedig pl. azok a törvények, amik az ember, ill. az Emberiség különböző képességeit (önmagunk irányítása, felskálázás stb.), ill. működési korlátait definiálják.

Az elmélet fontos tulajdonsága, hogy az Emberiség (a Föld) léptékében érvényes, mert az képez olyan *zárt rendszert*, aminek a működésében nem lépnek fel szivárgás jellegű, a végeredményeket módosító zavaró tényezők, és amiben az elmélet megmaradási törvényei működnek. Kisebb léptékben (elvben egészen akár a legkisebb fenntarthatósági rendszerekig, mint amilyenek pl. a történelmi disznótartás rendszerei, Molnár et al., 2023) ezért az elmélet a zárt rendszerre vonatkozó feltétel érvényessége esetén, vagy az oda-vissza irányuló (laterális) áramlások (szivárvások) jelentéktelenségének igazolásával, esetleg ezen áramlások kvantifikálásának és a következtetésekbe való bevonásával alkalmazható.

A továbbiak előtt szükséges még lerögzíteni, hogy „fenntarthatóság” úgy általában nincsen; csak konkrét környezeti jellemzők (nyersanyagok mennyisége; a levegő és az óceánok hőmérséklete; az üvegház gázok koncentrációja stb.) vonatkozásában definiálható egy-egy *fenntarthatósági probléma*. Az általánosnak tekinthető elméletet elvben minden ilyen problémára ki lehetne, és a főbb problémákra nézve ki kellene terjeszteni. Erre nyilván szintén nem vállalkozhatom; inkább csak jelzem a lehetőséget és néhány nagyobb problémára nézve adok kitekintést. A továbbiakat a Jövőre kell bíznom.

Minden elmélet esetében fontos, hogy az ellenőrizhető és tesztelhető legyen. Az ellenőrzés és predikció vonatkozhat az elmélet egy-egy elemére és az elmélet egészére is. A tanulmányban vázolt elmélet egyes elemeire nézve az ellenőrzést azáltal látom részben teljesülni, hogy az elmélet összes komponense ellenőrizhető és tesztelhető, és ezek az ellenőrzések és tesztek részben már meg is történtek. Könnyen végezhető egy ellenőrzés pl. a népességszámra vonatkozóan, ami a fenntarthatósági problémák egyik fő

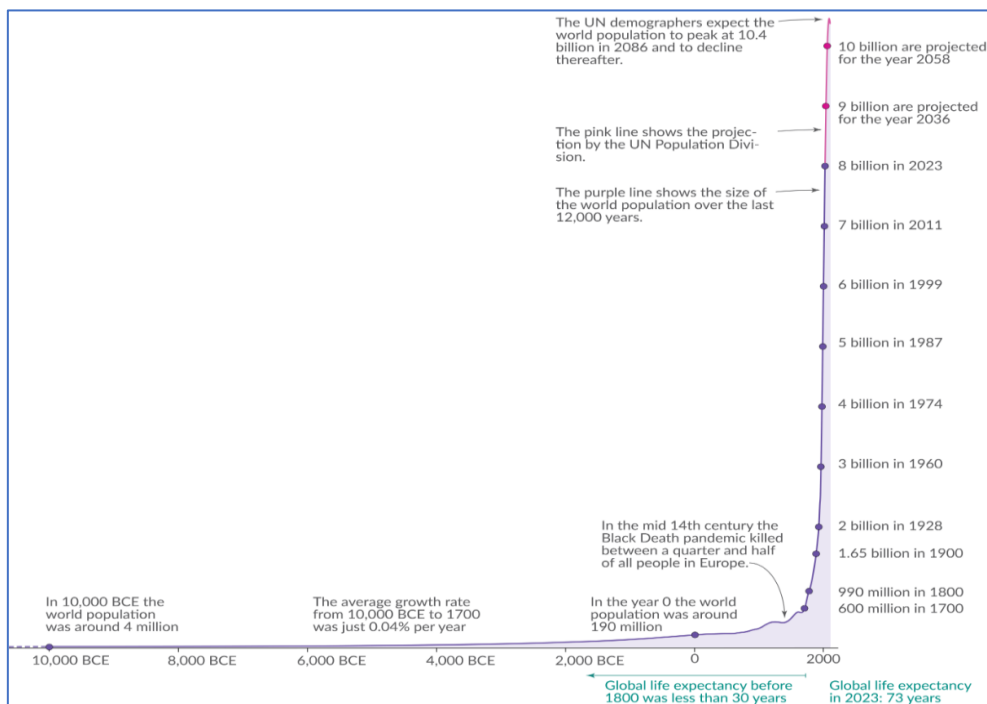
okozója. Az, hogy jelenleg nagyobb járványok és háborúk után vagyunk (az Emberiség szintjén már tulajdonképpen évezredek óta) és még nem ütköztünk komoly erőforrás-korlátba (bár egyre gyorsulva afelé haladunk, l. a következő fejezetben); a születési és halálozási rátát szabályozó törvények; valamint azok a törvények, amelyek a népességünk általunk történő befolyásolásának korlátjait írják le, azt kell eredményezzék, hogy a Föld népessége folyamatosan növekszik – ami pontosan ennek megfelelően zajlik (l. lejjebb).

Az elmélet egészére vonatkozó ellenőrzésnek a globális környezeti fenntarthatóság elmélet esetében egyedüli lehetséges módszere az, hogy predikciókat végzünk bizonyos jelenségekre vonatkozóan, aztán pedig azokat összevetjük tényekkel. (Kísérletre ebben a tanulmányban nem vállalkozhatom, tehát maradok az ismert tényeknél.)

Az egész elméletre vonatkozó ellenőrzésre szintén kínálok két ilyen ellenőrzési lehetőséget, még ha csak elméletben kvantitatív. A két predikció (az alábbi két fejezetben) két, egymásra épülő szintre vonatkozik. Az egyik egy közvetlen anyagáramlás: a globális üvegház gáz kibocsátás, ami maga is több szintből állítható elő; a másik pedig egy még komplexebb, erre épülő jelenség: a globális felmelegedés.

Működésben az elmélet: Nagy a Gyorsulás

Az üvegház gáz kibocsátások trendjét meghatározó egyik alaptényezőre, az emberi népességre vonatkozóan a globális környezeti fenntarthatóság elmélete azt jósolja, hogy az nő. Valóban: az időszámítás kezdetéhez képest (amikorra a létszámot 190 millióra becsülik) mára (2023-ban), az utolsó ezer évben robbanásszerű növekedéssel 8 milliárdra duzzadt az emberiség létszáma (**2. ábra**). A népességrobbanásra nem is az exponenciális, hanem annál gyorsabb növekedés jellemző (West, 2017).

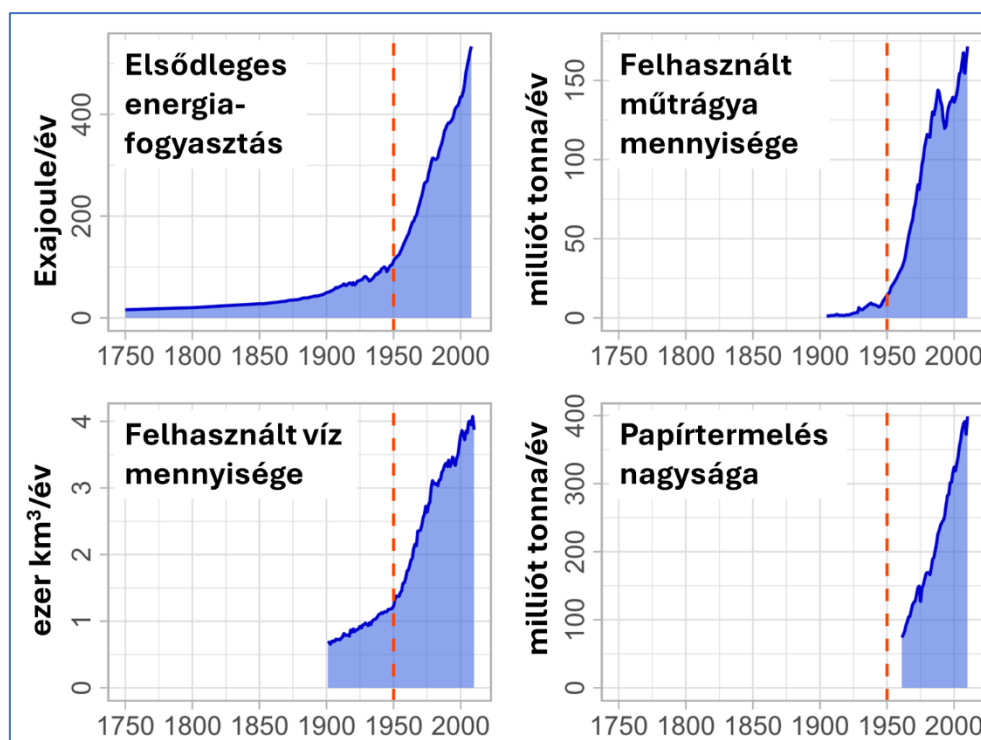


2. ábra. Az Emberiség létszámának alakulása (az Our World in Data weblapjáról vett ábra ([URL6](#)). A változtatás nélküli közlés célja, hogy hozzáférhetők legyenek az eredeti weblapon (értelemszerűen angol nyelven) feltüntetett, az elmélet alkalmazásában hasznos további információk is.

Vajon hogyan alakult az időszámítás kezdetéhez képest az embernek a környezetre gyakorolt hatása? Ez a hatás a létszám-növekedés alapján akkor is 42-szeresére nőtt, ha azt feltételezzük (ami nyilvánvalóan nem igaz), hogy az átlagos *i* és az átlagos *hsz* is változatlan maradt.

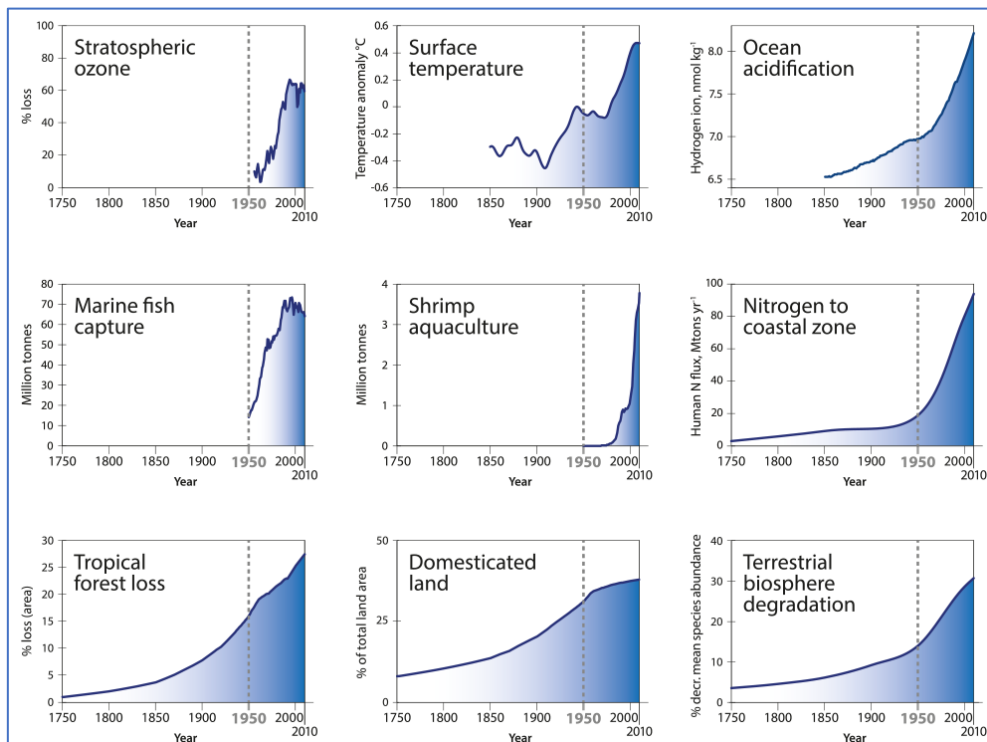
P növekedésén kívül azonban az is jósolható, hogy az emberek összességükben egyre nagyobb életszínvonalat szeretnének maguknak; és hogy a hatékonyság növelhető, de nem minden mértéken túl, nem irányítható módon és – főleg bármilyen felskálázás esetén – csak nagy (környezeti) költségekkel; mindezek eredményeként pedig az, hogy az ember összesített környezeti hatása egyre nő. Néhány adattal: az átlagos eredő egy főre eső energiafogyasztás (*i* és *hsz* szorzata) az életszínvonal tekintetében a világ-átlagnál feltehetően fejlettebb Római Birodalom idején kb. 11 ezer kcal/nap volt; ma *átlagosan* kb. 50 ezer kcal/nap, Európában azonban 100 ezer kcal/nap (Malanima, 2013). Ez utóbbi számokkal számolva a fenti 42-es értéket még 5-10 közötti értékkel kellene beszorozni az emberi energiafelhasználás környezetre gyakorolt hatása növekedésének pontosabb becsléséhez. (A magas energiafelhasználás egyik érdekes komponense – ahogyan azt fent tárgyaltam – az, hogy a modern mezőgazdaság és élelmiszeripar energetikailag a többszörösét igényli annak, mint amit az élelmiszerek maguk tartalmaznak.)

A végeredmény olyan tények – a Föld korábbi, „normális” folyamatait veszélyeztető, felgyorsult világunk jellemzői –, amik közismerteknek mondhatók. Mégis, érdemes néhány tényt újból és újból szemünk elé idézni. Ehhez jó támpontot biztosít a Nagy Gyorsulás (The Great Acceleration, [URL7](#)) további jelenségek sokaságára vonatkozó adatbázisa. Ebből a szemléltetés kedvéért négy olyan környezeti tényezőt emel ki a **3. a. ábra**, ami számunkra fontos környezeti erőforrás időbeli alakulását mutatja. (Az, hogy ezek közül egyelőre még nem értük el a lehetőségek maximumát, igazolja a fent már említett tény is, hogy ti. az emberi népesség növekedését globális léptékben és nagyobb mértékben egyelőre még nem korlátozza fontos erőforrás. Azt természetesen nem tudhatjuk, hogy ez a luxus-helyzet mennyi ideig állhat még fent.)



3. a. ábra. Néhány, az Emberiség ugrásszerűen megugró fogyasztását szemléltető ábra (az [URL8a](#) weblapon található ábra részlete, módosítva).

Az említett adatbázisnak a **3. b. ábrán** kiemelt, a Föld állapotváltozását különböző indikátorokkal szemléltető további trendjei alapján ugyanakkor kijelenthető az is, hogy egyidejűleg több (sok) *globális*, az ember által beindított és (egyelőre) fenntartott folyamat jutott már olyan intenzív szakaszába, és a Föld „labor-tesztjének” sok-sok mutatója ért már el olyan értéket, ami már eddig is a Föld jelentős átalakulását eredményezte, és ami a jövőre vonatkozóan további jelentős kockázatot jelent az Emberiség számára. Megjegyzendő, hogy az ábrák 2010-ig bezárólag mutatják a trendeket, amik azóta nyilván tovább folytatódtak. Megjegyzem azt is, hogy az eredeti ábrákon szerepelnek a legfontosabb üvegház gázok koncentrációjának trendjei is, de ezekkel az alábbiakban külön foglalkozom.



3. a. ábra. Néhány, az Emberiség hatására megugró földi léptékű folyamatot szemléltető ábra (az [URL8b](#) weblapon található ábra részlete, megtartva az eredeti feliratokat).

Hangsúlyozom, hogy nem lokális problémákról van szó. Az, hogy a talajokban (pl. öntözés következtében) felhalmozódik a só, vagy hogy különböző, vízenergia előállításához szükséges víztározóban felhalmozódik az üledék, sokszor jelentős, de csak helyi probléma marad egészen addig, amíg mindenhol (vagy elég sok helyen) fel nem lépnek ugyanazok a problémák.

A globális helyzetet és trendeket számos más monitoring követte az utóbbi időben. Ilyen pl. számos, konkrétabb területre fókuszáló olyan jelentés, aminek a címében szerepelnek a „*State of the World*” szavak. Ezeknél valószínűleg ismertebbek a „*Living Planet Report*” ([URL9](#)) vagy az *ökológiai lábnyomokról* szóló különböző kiadványok (pl. [URL10](#)). Ezeknek mind vannak értékei, de ezek sokszor inkább a figyelem-felkeltést szolgálják és kevésbé tudományosak (l. pl. ezeket a kritikákat: EFNRT, 2020, Somogyi, 2016). Ugyanígy, egyre ismertebbek és elfogadottabbak az ún. Globális Határokat (Planetary Boundaries) vizsgáló és értékelő projekt ([URL11](#)) eredményei (bár l. ennek kritikáját is, pl. Somogyi, 2016). Végül szükséges hivatkozni a már „klasszikusnak” számító *A növekedés határai* c. mérföldköre (Meadows et al., 1972). Ez szükségszerűen a megjelenését megelőző időszak monitoring-eredményeire

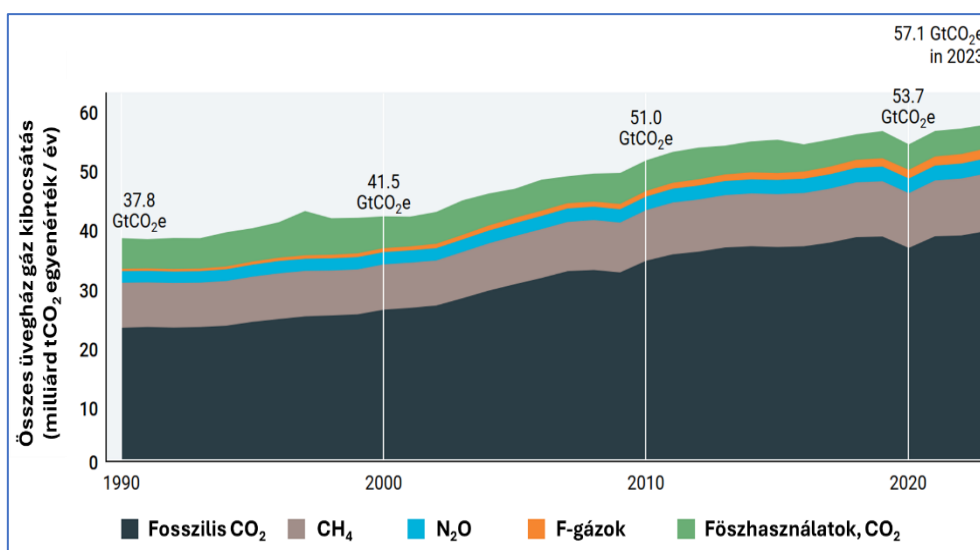
alapozott és az akkor ismert főbb összefüggések (vagyis törvények) alapján, valamint számos feltételezés alapján adott elméleti predikciót a jövőre nézve. Bár ezt a modellt is számos kritika érte (l. Bardi, 2011), mint modell, „csak” a világ egyszerűsített mása lehetett, ugyanakkor mint minden jó modell, egy intenzív tovább-gondolási folyamatot generált, ami mind a mai napig érezteti jótékony hatását.

Tekintettel többek között a fenti és más globális adatbázisok, jelentések és kutatások hozzáférhetőségére és azok adatainak közismertségére, eltekintek a globális helyzet további részletezésétől; sokkal fontosabbnak tartom a jelenlegi helyzethez vezető és a jövőbe vivő folyamatoknak az értelmezését.

A globális problémák közül a nyersanyagok fogyása nyilván mindenkit érinthet, bár katasztrófa esetén csak rövid ideig (már Hubbert, 1974 meglátása szerint is a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának korszaka elhanyagolhatóan rövidnek fog számítani a földi emberi létezés hosszú időszakát). De nemcsak erről van szó. A számunkra hasznos anyagok előállításának és használatának növekedése mind-mind valamilyen környezeti kár(csomag) növekedését is maga után vonja.

Biztos, hogy ennek így kell lennie? Ezt a kérdést már csak azért is érdemes megvizsgálni a globális környezeti fenntarthatósági elmélet segítségével, hogy szemléltethetővé váljon az, hogy a jelenségeket legfőképp (vagy kizárólag) az őket irányító törvények elemzésével tudjuk megérteni. Megfordítva: ha egy jelenséget nem tudunk levezetni a relevánsnak gondolt törvényekből, akkor (még) nem értjük (elég) jól a jelenséget.

A globális környezeti fenntarthatósági elmélet által magyarázható jelenségekre az egyik legjobb példa az energiafogyasztás és az azzal összefüggő üvegház gáz kibocsátás. A fosszilis tüzelőanyagok fogyasztása és az abból eredő emisszió minden ellenkező vágy és akarat ellenére nem csökken, hanem – megegyezve az $I = P * i * hsz$ egyenletből, annak elemeire vonatkozó törvények és tények figyelembevételével, a fosszilis tüzelőanyagok hasznosítási szintjével (U) és globális készleteivel (C) végezhető predikcióval – nő¹⁷ (4. ábra). (Megjegyzendő, hogy hasonlóan emelkedő trendek jellemzők más fontos üvegház gázok kibocsátására is, l. WMO, 2024b).



4. ábra. Az Emberiség összes üvegház gáz kibocsátása 1990-2023. között. (Forrás: UNEP, 2024.)

¹⁷ A tanulmány nyilvánvalóan az megírásának idején hozzáférhető tényadatokból próbál következtetéseket levonni, amiket későbbi adatok természetesen megcáfolhatnak.

Miért kellett ennek így lennie legalább a múltban? Vagy inkább: *globális szinten* miért lehetne mást várni? Az elmélet $I = P * i * hsz$ egyenlete szerint hiába javul (csökken) **hsz** értéke (tétélezzük fel, hogy pl. a napelemek és szélérőművek építésével ez a helyzet), ha **i** nő (pl. trend-szerűen¹⁸ egyre több autót igényel ugyanaz a népesség is az életszínvonal javulása miatt), **P** pedig egyértelműen és intenzíven szintén nő.

I értékét tekintve természetesen nem az egyes tényezők értéke, hanem a *szorzatuk* számít. Az pedig egészen addig nő, amíg **P** nő, **hsz** nem csökken eléggé, és/vagy **i**-t nem csökkentjük (mert nem tudjuk csökkenteni). Mint említettem, **P** értékét és növekedését a politika sok helyen „értéknek” tekinti (politikai szempontból mindenképpen), a „nemzet fennmaradása” feltételének. Ez a nemzetek közötti vetélkedés dimenziójában megalapozott szempont lehet.

A környezeti fenntarthatóság szempontjai mást definiálnak értéknek. Az Emberiség nem rendelkezik hatékony eszközökkel arra, hogy a $P * i * hsz$ szorzat értékét lényegesen megváltoztathassa. **P** hosszú ideje nő, sőt a növekedésével még évtizedekig számolni kell, és nincs ráhatásunk. A fogyasztás, **i** sem csökken és nem is csökkenthető, mert a „fejlődő” országok a jelenleginél is nagyobb, sőt sokkal nagyobb életszínvonal elérésére törekednek. Végül **hsz** (globális átlag-)értékének csökkentése gyakran szintén nem megvalósítható, mert az egy nagyon gyors technológiai fejlődés mellett nagyon intenzív felskálázást igényelne (l. lejjebb). Ha viszont egyik tényező jelentős (általános) csökkentését sem sikerül elérni, akkor a $P * i * hsz$ szorzat értéke mindenképpen „növekedésre van ítélve”. Még ha valamely tényezőnél esetleg ez mégis megtörténne, a többi tényező értékének kedvezőtlen alakulása ellensúlyozná ezt a változást.

Ahogy azt a fenti gondolatmenetben már jeleztem is, figyelemmel kell lenni arra, hogy **i** és **hsz** is a képletekben *átlagokként* értelmezendők, amik az Emberiség teljes népességére kiszámolt számok. Egy-egy kisebb népességű embercsoportnál el lehet érni akár jelentős változásokat is akár mindhárom releváns tényezőnél, de globális léptékben ez nem látszik lehetségesnek a belátható néhány elkövetkező évtizedben. (Azt pl., hogy **i** legalább egyes embercsoportoknál növekedhessen, el lehet elérni, de csak úgy, hogy más: a szegényebb embercsoportok fogyasztása csökken, vagyis az ő életszínvonaluk nem fenntartható.)

hsz növelésére a felhasznált energia egységére vetített üvegház gáz kibocsátására nézve „tisza energia” névvel illetett jelölt több is van: napelemek, szélérőművek, biomassza stb. (Elméletileg a kibocsátás-csökkentés nagy mértékű lehet, közelítve a **hsz**=1-es értéket.) Ám a felsorolt és más jelöltek mennyisége (főleg a beépített napelemek névleges teljesítménye) hiába nőtt idáig, az adatok szerint ez még arra sem volt elegendő, hogy az **I** növekedését (az összes üvegház gáz kibocsátás éves növekedését) lenullázza. A legújabb World Energy Outlook (IEA, 2024) szerint annak ellenére, hogy rekord mennyiségű „tisza energia” termelő egységeket helyeztek üzembe 2023-ban, az azévi növekvő energiaigény-növekmény kétharmadát fosszilis erőmű kapacitás bővítéssel érték el. Ez a jelenség többek között felskálázási problémákra utal.

Fentiek kombinációja vezetett a rekord CO₂-emisszióhoz 2023-ban (**4. ábra**). Ez természetesen nem jelenti azt – az elméletből sem következik –, hogy ennek a jövőben is így kell lennie. Ahhoz azonban, hogy a trend ne folytatódjon – és bármilyen, a kibocsátás valamilyen mértékű csökkenés formájában megfogalmazott „klímacél” teljesíthető legyen –, feltehetően arra volna szükség, hogy **P**, **i** és **hsz** értéke is a fenti képlet szerint előírt irányba mozduljon el.

¹⁸ A már hivatkozott IOMVM (2024) adatbázis az elmúlt néhány évre (feltehetően a COVID-járvány és lokális háborúk hatására) csökkenő új autómennyiséget mutat, vagyis a trend „megtörpanását” mutatja, de csak néhány év távlatában, és hosszabb távon – hacsak nem ütközött az autó-előállítás máris valamilyen erőforrás-korlátba – a növekedés újraindulása várható.

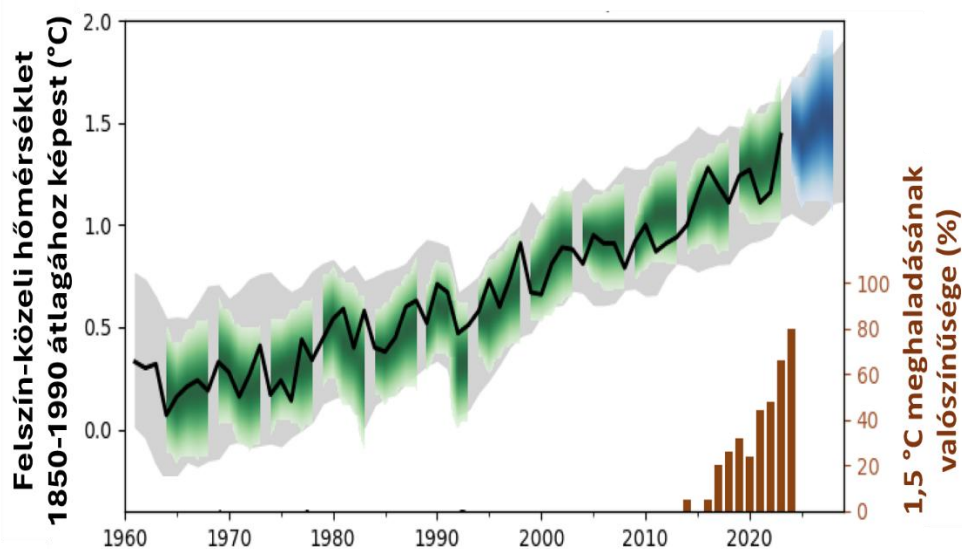
(Az elmélet demonstrálása és tesztelése céljából elemzett szorzat értékét természetesen meg se próbálom pontosan kiszámolni, mert ahhoz sokféle pontos adatra lenne szükség országonként stb., ami nem áll rendelkezésre. A lényeg itt azonban nem is ez; az elméleti fejtegetés célja sokkal inkább pusztán csak annak a magától értetődő, de gyakran figyelmen kívül hagyott ténynek a demonstrálása, hogy egy-egy jelenség értelmezésekor a releváns törvényekből, ill. a jelenséget magyarázni próbáló elméletből érdemes kiindulni.)

Fenn tudjuk tartani megszokott klimatikus viszonyainkat?

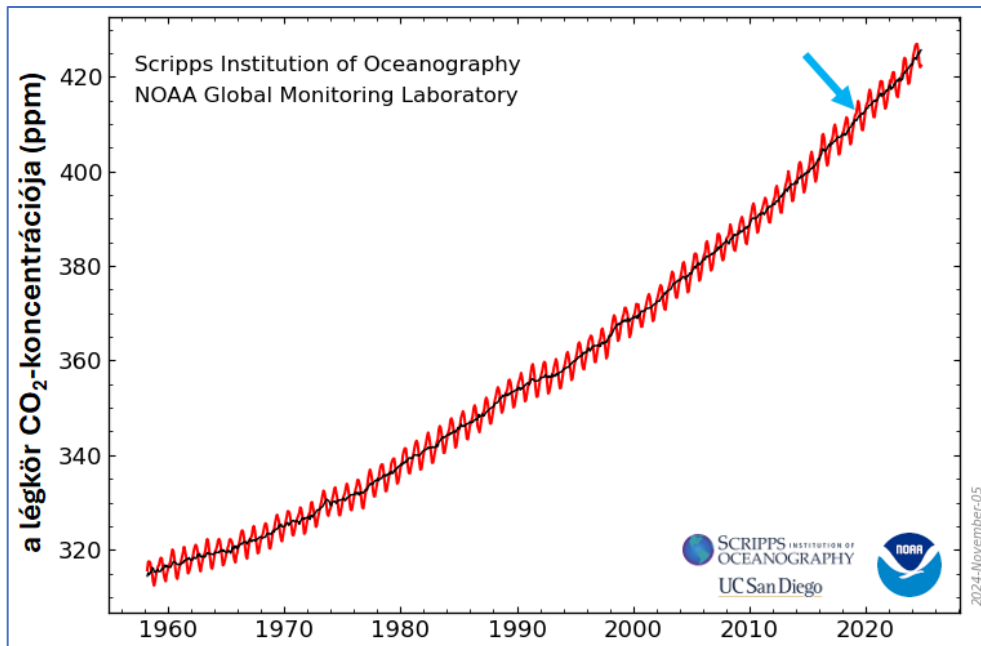
Az ember által előidézett klímaváltozás kialakulásának, okainak és nyomon követésének könyvtárnyi irodalma van. Biztosnak tűnik, hogy az egyik fő ok az üvegház hatású gázok kibocsátásának intenzív és az elmúlt századokban (sőt, az erdőirtás esetében évezredek óta) növekvő trendje.

Már évtizedekben mérhető a lassítására tett kísérletekre fordított idő is. Ezek alapján azt lehetne gondolni, hogy helyesek a klímaváltozás kezelésére kidolgozott elképzelések és más feltételezések is. Az adatok azonban egészen mást mutatnak – és a fenntarthatóság elmélete is egészen mást jósol –, még ha ezzel talán a jelenlegi többség nem is ért egyet.

Milyen adatok mutatnak mást? Akár a „tüneti” (5. ábra), akár az azok okainak tartott folyamatok közül a legfontosabbnak az időbeli alakulását vesszük (6. ábra), nem lassíthatóknak (pláne nem megállíthatóknak), „könyörtelennek”, de ami fontosabb: törvényileg meghatározottnak tűnő folyamatokat látunk.



5. ábra. A felszínközeli globális átlaghőmérséklet alakulása az elmúlt közel hét évtizedben (fekete görbe és annak bizonytalansága zöld színnel), a 2028-ig terjedő időszakig terjedő projekció (a késsel jelölt tartomány), valamint (barna színnel) annak valószínűsége, hogy adott évtől számított öt éven belül (az 1850-1990-as időszak átlagához viszonyítva legalább egyben meghaladja-e az éves átlagos hőmérséklet-növekedés a 1,5 °C-ot (WMO, 2024a ábrája, módosítva).



6. ábra. A légköri CO₂ koncentrációjának alakulása az elmúlt közel hét évtizedben (a NOAA Mauna Loa obszervatóriumában mérve). A kék nyíl az 5 évvel ezelőtti tanulmányom időpontját szemlélteti – és azt, hogy az abban leírt tétel működött: az Emberiségnek nem sikerült még lassítani sem a klímaváltozás fő előidézőjének a levegőbe kerülését. (Az adatok forrása: NOAA, 2024.)

Azt, hogy „törvényileg meghatározott” folyamatokról van szó, a CO₂-koncentráció időbeli változásának példáján demonstrálom. A **6. ábra** nagyon szoros illeszkedéssel exponenciális növekedést mutat¹⁹. Ez egyértelműen törvényi kényszerítő erő hatása alatt álló jelenségnek tűnik, ami magyarázatot kíván, de legalábbis annak az állításnak a védelmét, hogy e görbe alakításában részt vehetünk, mert a növekedést mi okoztuk, és „csak akarni kell a szükséges változtatásokat”.

Megjegyzendő, hogy a szoros illeszkedés (a magas R^2 érték) egyik oka az, hogy a görbe kezdőpontjának értéke (1959-ben 318 ppm) minden következő évben szerepel. Sokkal korrektebb volna, ha a változásértékek trendjét vennénk alapul (l. lejjebb) annak vizsgálatánál, hogy beszélhetünk-e vagy nem olyan törvényről, ami a trendet meghatározza.

Éppen ennek az ellenőrzésére szerepelnek a **6. ábra** növekmény-adatai az **1. ábrán** is. Az ugyanis a fenti ábrán ábrázolt CO₂-koncentráció éves növekedésének értékeit mutatja, csak az x értékeket (a naptári éveket) lecseréltem 1-el kezdődő természetes számokra.

Az **1. ábrán** szoros illeszkedés látható. **Ha a bevezetés alapján (az ábrán bemutatott adatok természetének ismerete nélkül) az Olvasó elfogadta azt a tételt, hogy az adatok trendjének kialakításában valamilyen kényszerítő erő kell működjön, akkor azt is el kell fogadnia (mert ez ugyanaz az állítás), hogy a CO₂-koncentráció növekedését nagyon erős törvény (ill. többféle erő: törvény kombinációja) idézi elő.**

¹⁹ A letöltött éves átlagos CO₂-koncentráció adatokra az alábbi regressziós egyenlet illeszthető: $y = \exp(0,000026175308 * x^2 - 0,0996876065 * x + 100,588125)$ (ahol x az egyes koncentrációkhoz tartozó naptári év); az $\ln(y)$ adatokra illesztett polinom illeszkedésének szorossága: $R^2 = 0,999$.

Ez másként megfogalmazva azt jelenti, hogy az Emberiségnek eddig nem véletlenül nem sikerült semennyit sem megvalósítani abból a célból, hogy a koncentráció-növekedést leállítsuk, vagy legalább lelassítsuk.

Adódik a kérdés: mi lehet ennek a trendnek és a belőle levont következtetésnek a magyarázata? Nem feltétlenül az, hogy nem akartuk a kibocsátás-csökkentés, hanem az – ami a globális környezeti fenntarthatóság elméletéből következik –, hogy nem a mi kezünkben van a folyamatok alakításának a kulcsa.

Az említett ábrákon megmutatkozó trendek okaira nem pusztán amiatt tudok rácsodálkozni, hogy – úgy tűnik – a globális környezeti fenntarthatóság elmélete segítségével sikerült ezeket az okokat: a trendek mögött meghúzódó Természeti Törvényeket azonosítani. Az elcsodálkozás a Természeti Törvényeken általános iskolás koromban történt meg először, és a Természet iránti csodálatom azóta is tart. Sokkal inkább érdekesnek tartom itt, hogy az adatok és az elmélet *kizárólag tőlünk független hatásokra* utalnak.

Persze elvileg előfordulhatna, hogy az említett vagy más (pl. az üzleti szférában, és/vagy technológiai fejlesztések stb. következtében létrejövő) események hatása abban nyilvánul meg, hogy nem olyan meredeken emelkedik a CO₂-koncentráció, mint ahogyan egyébként emelkedne. Azonban a fenti ábrákon egyetlen időponthoz köthető esemény hatására sem változik meg semmennyire sem a görbe alakja, hogy nem valószínű, hogy ez a feltételezés igaz lenne.

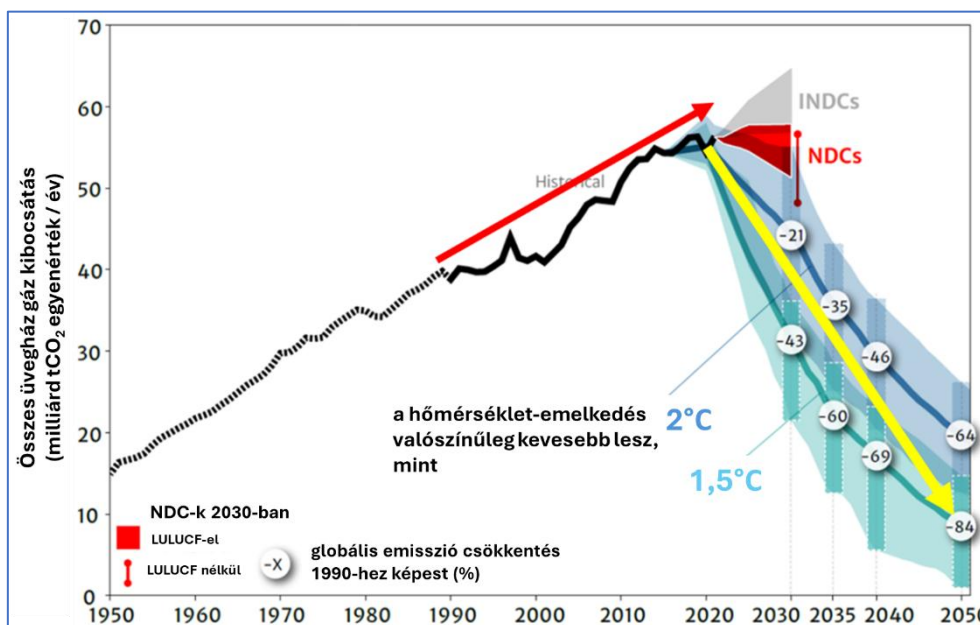
Sem az **1.**, sem a **6. ábrán** nem látszik ugyanis semmilyen jelentősebb közös erőfeszítésnek sem az azonnali, sem a hosszú távú hatása. Ilyen erőfeszítésből márpedig sok és sokféle volt (annakidején ezekkel – függően persze attól, hogy mennyire tekintették politikailag fontos eseményeknek – tele volt a világsajtó). Mindenképpen ilyen eseménynek tekinthető az IPCC megalakítása (1988); az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének elfogadása (1992); a Kiotói Jegyzőkönyv elfogadása (1997); sok-sok ún. COP klímakonferencia (évente); különböző EU-rendeletek elfogadása (több különböző évben); emisszió-kereskedelmi rendszerek felállítása (szintén több különböző évben); különböző nagyobb országok vállalásainak bejelentése stb. Ezen események láthatóan még zajt sem keltettek az adatok körül, ugyanis az említett események mind a koncentráció-csökkentés irányába kellett volna hassanak, és akkor trend-módosítást eredményeztek volna, de ilyen az ábrákon nem látható. Ebből szükségszerűnek látom levonni azt a következtetést, hogy az adatok egyértelmű trendjét nyilvánvalóan valamilyen nagyon erős, tőlünk független törvény (vagy törvények, esetleg azok kombinációja) idéz elő.

Az egyes említett eseményeket külön-külön nem jelöltem a **6. ábrán**. Az egyetlen nyíl a 2019-re, előző tanulmányom publikálásának évére utal. Az akkori tanulmány jóslata egyenértékűnek tekinthető az a predikcióval, hogy az addigi trend változtatás nélkül folytatódni fog, vagyis, hogy nem tudjuk lassítani sem, pláne megállítani a klímaváltozást, az ábra alapján letehetelhető; és a predikció (sajnos) be is igazolódott.

A kibocsátás és a koncentráció-növekedés gyorsuló növekedési trendjének természetesen – szintén a globális környezeti fenntarthatósági elmélettel összhangban – egyszer vége lesz; egyelőre nem világos, hogy mikor és miért, de az nagyon valószínű, hogy nem a mi, egy ilyen csökkentést tudatosan előidézni szándékozó intézkedéseink hatására. Paradox módon ezt az is demonstrálja, hogy a kibocsátások csökkentését hogyan gondolják a jövőben csökkenteni.

A kibocsátás-csökkentés mértékére nézve ugyanis – függően a globális hőmérséklet-emelkedésre vonatkozó (politikai) célszámoktól és egyéb módon definiált forgatókönyvektől – különböző variánsok láttak napvilágot. E csökkentések szükségszerű mértéke azonban a releváns természeti törvényekből adódóan adott időpontban mindig (a releváns, kapcsolódó megmaradási törvényekkel összhangban) attól kellett függjön, hogy mennyi még az ún. karbon tartalék („carbon budget”). A karbon tartalék (aminek

koncepciója több, mint három évtizedes, l. Lahn, 2020, Collins et al., 2013; l. még Somogyi, 2016) egyenlő azzal a kumulatív üvegház gáz mennyiséggel, amit a légkör anélkül tud még felvenni, hogy a hőmérséklet emelkedése egy előre meghatározott értéknél ne legyen több. Erre a tudományos koncepcióra építve, a korábbi kibocsátások kumulatív értékéből adódóan jutottunk el 2023-ban ahhoz a helyzethez, amit a **7. ábra** szemléltet.



7. ábra. Az üvegház gázok összesített globális kibocsátása (UNFCCC, 2023): historikus becslések (1950-2023); olyan trajektóriák (2050-ig), amik ahhoz volnának szükségesek, hogy a globális felmelegedés mértékét 1,5°C-ban (zöld sáv) vagy 2°C-ban (kék sáv) maximalizálhassuk; valamint a jelenleg ismert különféle kibocsátás-csökkentési vállalások (a 2030-ig jelölt szürke és piros sávok az ábra teteje felé). (A körökben lévő negatív számok arra utalnak, hogy 2019-hez képest hány %-al kellene csökkenteni az összesített globális kibocsátást az adott idő-pontig.) A piros és a sárga, az ábrához általam hozzárajzolt nyíl (amik rendre az eddigi tényeket és a jövőben szükségesnek tekintett trendet mutatják) annak a kérdésnek a grafikus változatát jelenítik meg, hogy vajon mennyire tekinthetők reálisnak (vagy mennyire csak vágy-vezérelt elképzelések) a kítűzött célok.

Külön hangsúlyozandó, hogy az ábra által bemutatott helyzetről és a karbon tartalékból adódóan szükséges lépésekről az ENSZ 2023-as klímakonferenciáján (a Globális Helyzetértékelés témakörében) tárgyaltak; tehát az ábrán is feltüntetett „szükséges lépéseket”, és így a szükségesnek gondolt irányváltás szögét (a piros és a sárga vonal közti kb. derékszöveget) nagyon komolyan vették.

Úgy vélem, ez alapján az ábra alapján (is) muszáj kimondani – mi több, ezt már jó ideje meg kellett volna tenni –, hogy ezek az elképzelések egyszerűen *komikusak*. Még ha tudnánk is korlátozni a kibocsátásainkat (nem tudjuk), a világgazdaság és a fogyasztás momentuma, valamint a technológiai fejlesztések és azok felskálázásának elégtelensége önmagában lehetetlenné tenné azt a kb. derékszögű irányváltást, amire szükség volna, s amit az általam berajzolt (piros, ill. sárga) nyilak tesznek láthatóvá.

Mik lehetnének az említett szükséges lépések? Ha megelégszünk azzal, hogy maximum 2°C-ot emelkedhet a globális átlaghőmérséklet (a 2015-ös Párizsi Jegyzőkönyv jobban szeretett volna maximum 1,5°C-ot), akkor a jövőben a kibocsátásoknak a kékes színű vonal mentén kellene csökkenniük

(természetesen az Emberiség egészére összesítve, l. az Egyetlen légkör van törvényt). Ha ennél kevesebb, maximum csak 1,5°C-os hőmérséklet-emelkedést szeretnénk, akkor viszont a még meredekebb, zöldes színű trajektória mentén kellene csökkenteni a kibocsátást.

Sokan még mindig bíznak abban, hogy a kibocsátás-csökkentés módszerét alkalmazó mitigáció lehetséges. Ezt akaratlanul is, indirekt módon jelzi a UNEP legújabb, fent már hivatkozott Emissions Gap Report-jának (UNEP, 2024) a címe: „*No more hot air ... please!*”. Én azonban a globális környezeti fenntarthatóság elméletét alkalmazva még a korábbiaknál is nagyobb meggyőződéssel, **határozottan úgy gondolom, hogy egyértelműen ki kell jelenteni, hogy a mitigáció a jelenlegi formájában sikertelen projekt.** Ha a jövőben meg is valósulna valamilyen kibocsátás-csökkentés, azt (elsősorban, de inkább egyáltalán) nem a tervezett és szervezett programoknak köszönhetjük majd. Ennek okait korábban már említettem (pl. az Emberiség szintű kormányzás hiánya)²⁰.

Természetesen megvan most is – és elméletileg megmarad mindig is – annak a lehetősége, hogy olyan, felskálázható technológiai ugrások valósulnak meg, amik megoldják a klímaváltozás problémáját. Vannak, akik ebben mélyen hisznek (pl. West, 2017), mégpedig adatokra alapozva. Ezek az adatok azonban a múltra vonatkoznak és legfeljebb csak az innovációs ciklusok gyorsulását igazolják, de azt nem, hogy olyan innovációk történnek majd a jövőben, amik felskálázhatók lesznek, és/vagy amik képesek lesznek megvédeni az Emberiséget a klímaváltozás hatásaitól.

Helyesebbnek látom azt az állítást, hogy a klímaváltozás, mint egy megállíthatatlan mozdony zakatol tovább, ami helyenként jelentős, akár katasztrófális hatásokat fog kiváltani. A feladat a fentiek alapján e tanulmány szerzőjének véleménye szerint nem a kibocsátás-csökkentési kísérletekre fókuszáló mitigáció, de nem is az „alkalmazkodás ÉS mitigáció” (mint amit az IPCC, 2023, ill. itthon pl. [URL2](#), és [URL3](#) még mindig népszerűsít).

A kibocsátás-csökkentést célul tűző mitigáció sikertelensége esetén²¹ mindenképpen helyi alkalmazkodásra kell törekedni. De mit jelent a „helyi” és az „alkalmazkodás”?²² Bár nyilvánvalóan történtek lépések ezeket meghatározandó (már évtizedes távlatokban is, l. az IPCC különböző helyzetértékelő jelentéseit, Magyarországon is a legkülönbözőbb területeken, pl. a hazai erdőket illetően pl. Somogyi, 2009), ennél a jövőben vélhetően sokkal többre lesz szükség. Az alkalmazkodási lehetőségeknek is vannak feltételei és különböző természeti törvények által megszabott korlátjai. E törvények ismerete és megfelelő alkalmazása, és más tényezők elemzésére kiterjedő megfelelő vizsgálatok nélkül az alkalmazkodás sikerében sem bízhatunk.

²⁰ Saját magam is drámai szemléletváltozáson kellett, hogy átmenjek, amíg eljutottam a fenti tételig, aztán pedig, hogy azt nyilvánosan is felvállaljam. KB. 20 éves IPCC szerzői karrierem során először abból indultam ki, hogy amit az általam oly nagyra értékelt nemzetközi kutatói közösségnek, az IPCC-nek csak igaza lehet. Erre építve nagy lelkesedéssel támogattam a kibocsátás-csökkentés ötletére alapozó mitigációs erőfeszítések minden formáját. Az évek során egyre halmozódtak azok a tapasztalatok és azok az adatok, amik a mitigáció sikertelenségét mutatták. Ezt követte az azon való töprengés, hogy vajon mi lehet ennek az oka, hogy miért téves a feltételezés, és hogy milyen elmélettel lehet azt leváltani? Ez a tanulmány ennek a hosszú ideig tartó töprengésnek a gyümölcse.

²¹ E tanulmánynak nem célja megpróbálni olyan ötleteket adni (vagy pl. geomérnöki javaslatokat mérlegelni stb.), amikkel nem az emberi környezetszennyezést lehetne visszaszorítani, hanem annak hatásait mérsékelni. (Ilyen projekt lehet pl. az, aminek célja az üvegház hatás mértékét csökkenteni a Földre jutó napenergia mennyiségének csökkentésével valamilyen, az ürbe telepített árnyékoló módszer segítségével). Az sem célom, hogy elemezzem, hogy ilyen megoldásokkal végül sikerül-e majd lelassítani vagy megállítani a klímaváltozást. Az ilyen projektek (nettó pozitív) sikeressége természetesen elképzelhető, de biztosra nem vehető.

²² E tanulmánynak nem célja konkrét ötleteket adni az alkalmazkodásra nézve sem, csak az, hogy – a mitigációhoz hasonlóan – megfelelő kontextusba helyezze azt.

Az alkalmazkodásra vonatkozóan is hasonló elemzéseket, vizsgálatokat kell végezni, mint amiket más fenntarthatósági esetekre kellene. Egyelőre – részben a mitigációra való fókuszálás miatt – nem eléggé átgondolt, hogy az alkalmazkodás is hatalmas erőfeszítést jelenthet, óriási erőforrásokat igényelhet, és esetenként jóval meghaladhatja a különböző emberi közösségek lehetőségeit.

A megfelelő méretű és intenzitású alkalmazkodási projektek vizsgálata ugyanakkor nehezebb lehet, mint a mitigációs projekteké, mert nem olyan könnyű számszerűsíteni a szükségesnek tűnő intézkedések hatásait. Szemben a mitigációval, ahol *viszonylag* kevés, ráadásul egyszerűbb²³ folyamatot kellene elemezni és befolyásolni, az alkalmazkodás azt igényli, hogy életünk minden területére kiterjedően gondolja át ki-ki – egyénektől és családoktól kiindulónan kisebb-nagyobb közösségekig – a saját, a nem is túl távoli jövőben rendelkezésre álló életfeltételeit, és megtegye azokat a szükséges intézkedéseket, amiket az életfeltételek biztosítása megkövetel.

Végezetül úgy gondolom, hogy megfelelő helyi és hazai stratégiákat szabad, támogatott, kellőképpen fókuszált vitákban lehet csak kialakítani. Ezek mellett az egyre inkább komolyan szükségessé váló alkalmazkodáshoz szükség lenne a globális környezeti fenntarthatóság elméletének oktatásba történő bevonására. Meggyőződésem, hogy e nélkül az idő előre haladtával a jövőben Magyarországon is egyre kevesebb helyen lesz az emberi élet fenntartható.

Illúzió-e a globális környezeti fenntarthatóság?

A globális környezeti fenntarthatóság elméletét három – tapasztalatokkal alátámasztható, már évtizedekkel ezelőtt megfogalmazott (Boulding, 1971) – tétellel teszem teljessé. A tételek a fajok populáció-méretének végső (limitált) nagyságát kialakító erők (a fenti elmélet részét is képező és más törvények kombinációinak) hatásait rögzítik különböző változatokban. Az első tétel a saját sorsuk irányítására nem képes, a külvilágtól és a Törvényektől függő, az eseményekkel sodródó fajokra vonatkozik:

Boulding Lehangelő Tétele: *Ha egy populáció létszámának növekedését nyomorúság és éhezés korlátozza, a populáció addig fog növekedni, amíg a nyomorúság és éhezés meg nem állítja azt.*

Természetesen felmerül a kérdés, hogy az emberi faj is e sodródó fajok közé tartozik, vagy nem? A fentiekben részben már válaszoltam e kérdésre (egyértelműen igen); de nézzük, mit mond Boulding arra az esetre, ha feltételezzük, hogy az ember a technológiai fejlesztései révén bele tud avatkozni a sorsába:

Boulding Végképp Lehangelő Tétele: *Ha valamilyen technológiai fejlesztéssel sikerül is enyhíteni a nyomorúságot, annak eredménye csak annyi lesz, hogy az egyensúlyi népesség nagyságát megnöveljük, és ezzel megnöveljük a nyomorúság mértékét is.*

²³ Egy-egy erőmű, az autók, ipari üzemek és más emisszióforrások működésével, a CO₂-lekötéssel, ill. általában a klímaváltozást okozó folyamatokkal kapcsolatban az elmúlt évtizedekben sok tapasztalat halmozódott fel. Ez nem jelenti azt, hogy ezekkel kapcsolatban „mindent” értünk. Minél bonyolultabb rendszert kell vizsgálni, annál nagyobb a bizonytalanság; ezt jól szemléltetik a LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry, kb. földhasználati) szektorra vonatkozó emissziós becslések. Ezek pontosságát és értelmezhetőségét nemcsak definíció- és módszerfüggő, hanem függ a különböző országokban található erdők típusától, ökológiai tulajdonságaitól és az egyes országok számára rendelkezésre álló erőforrások mennyiségétől is (Grassi et al., 2022).

Végül Boulding gondolt arra az eshetőségre is, hogy nemcsak a nyomorúság és az éhezés korlátozhatja a népességszámot. Ilyen eset lehet pl. az, ha pl. elkerülhetetlen és kiirthatatlan járványok tizedelik a népességet. Erre az esetre a következő tétel vonatkozik:

Boulding Mérsékeltén Bizakodó Tétele: *Ha a nyomorúságon és az éhezésen kívül valami más is korlátozza a népesség nagyságát, akkor a népességnek nem kell addig növekednie, hogy megint a nyomorúság és az éhínség váljon limitáló tényezővé.*

Melyik tétel lesz érvényes az Emberiségre? Bizakodjunk ... vagy az inkább csak vágy-vezérelt megoldásokhoz vezet?

Már Boulding is kifejezte abbéli aggályát, hogy az utolsó tétel szerinti „valami más” azonosítható és kontroll alatt is tartható. A helyzet véleményem szerint még évtizedekkel később is ugyanaz. *Lehet* – reméljük –, hogy a jövőben változik a helyzet és el lehet majd kerülni nagyobb katasztrófát. Az viszont Boulding szerint biztos – ezt a tételei garantálják –, hogy ha ez nem sikerül, akkor a nyomorúság és a szenvedés megállítja a népességnövekedést.

A fenti három tétel közvetíten feltehetően a legdirektebb formában a fentiekből is következő „kényelmetlen fenntarthatósági igazságokat”. Ezért lehet az, hogy e tételeket – a törvények hatásainak végkifejletét – nem ismerik, mert nem terjesztik szélesebb körben.

Nyilvánvaló ugyanakkor, hogy a Természetnek a Boulding-tételekben felvázolt módszere nyers és durva, a nyugati értékrend szerint semmiképpen nem mondható humánusnak, ezért sem szeretjük – és ezért sem vállaljuk, hogy szembe nézünk velük. Egyes vélemények szerint bizonyos „primitív” emberi közösségek ugyanakkor úgy próbálták megvalósítani azt, hogy az őket fenntartó ökoszisztémák eltartóképességén belül maradjanak, hogy gyakran kegyetlen és humánusnak nem nevezhető módszerekkel csökkentették a populáció-létszámot, ha annak szükségét érezték, Baten, 2023.) Tény azonban, hogy az emberi igények kielégíthetlenségéről: éhínségekről és vízhiányról naponta képet kaphatunk a televízió különböző híradásaiból. Az Our World in Data adatbázisa szerint ([URL12](#)) az éhező emberek száma 2000. óta alig csökkent (782 milliőről 2022-ben 735 millióra), pedig a főbb gabonák összes termésmennyisége jelentősen, 250%-al nőtt (gyorsabban, mint a népesség nagysága, [URL13](#)).

Véleményem szerint a Boulding-tételeket általánosabban célszerű megfogalmazni és a „nyomorúságra” helyezni a hangsúlyt (bármilyen borzalmas is ez a szóhasználat), mert nem tudhatjuk, hogy ez majd éhínség formájában vagy valamilyen más katasztrófa formájában fog megvalósulni az Emberiség jelentős része számára (elfogy valamilyen erőforrás; elmérgeződik a környezet; globális klímakatasztrófák vagy járványok következnek be stb.). Az is előfordulhat, hogy egyszerre, vagy egymást gyorsan követően több és többféle katasztrófa következik be.

Az emberi népesség nagyságát korlátozó lehetséges tényezőkre nézve (ezek részletesebb elemzése nem feladata a tanulmánynak) azt a lehetőséget is számításba kell venni, hogy nem az élelmi lánc lesz a meghatározó. Egyes esetekben ugyanis a faj természetes ellenségei csökkentik és tartják kordában az egyedszámot. Az embernél (lévén ő a „csúcsragadozó”) az esetleges világgjárványok okozói állíthatnak elő hasonló helyzetet.

A környezethasználatnak ilyen kórokozók hiányában összhangban kellene lennie a környezeti kapacitásokkal. A gyakorlat azonban az, hogy a politikai, gazdasági és vállalati vezetők erről a szükséges összhangról nemigen beszélnek. Beszélni a fenntarthatóságról könnyű; de sokkal nehezebb róla olyan igénnyel beszélni, hogy mondanivalónk megfeleljen a fenntarthatóságot meghatározó törvényeknek.

„Zölddé” sem attól válik egy koncepció, hogy valamilyen szép elképzelést, vágyat, igényt fogalmaz meg, hanem attól, hogy megteremti az összhangot a releváns törvényekkel. Erre azonban a fentiek értelmében az ember nemigen képes. Egy egészen friss példa is jól igazolja ezt, és azt is, hogy a lokális célok azonnali elérése érdekében hogyan lehet visszaélni a „fenntartható” kifejezéssel: Kanadának a klímaváltozás szabályozásában elvben felhasználható erdeit (nonprofit környezetvédelmi szervezetek által tanúsított vállalatok által végzett) „fenntartható” fakitermelések veszélyeztetik ([URL14](#)).

A fenntarthatóság negligálásának, ilyen módon és jelentős mértékben történő félreértelmezésének egyik fontos lehetséges oka természetesen lehet, hogy nem gondolják végig, hogy vajon az állítások tényleg megfelelnek-e a releváns törvényeknek. Miért? Egy ilyen gondolkodáshoz tudni kellene, hogy egyáltalán vannak ilyen törvények, melyek ezek és hogyan kell őket értelmezni. Mivel az ember nem a fenntarthatóság megvalósításához szükséges ismeretekkel felvértezve születik, ezért a fenntarthatóság megvalósításához értelemszerűen – ahogyan azt gyakran hozzák fel javaslatként – megfelelő oktatásra volna szükség. Ennek az oktatásnak mindenképpen szólnia kellene korábbi hibáinkról, mert a fenntarthatóságra vonatkozó ismereteink jelentős része korábbi hibákból levonható következtetésekből származik. Az emberi tevékenységeket azonban *eddig* nagyon jelentős mértékben (vagy tán teljes egészében?) a géneinkben kódolt, emberi tulajdonságok néven fent tárgyalt törvények határozták meg, és ezek ismeretében az oktatás hatékonysága minimum megkérdőjeleződik.

A megfelelő oktatás kidolgozásához arra is szükség volna, hogy a tömegek érdekeit kifejező ún. „döntéshozók” tudatosan segítsék elő a szükséges fejlesztését. A döntéshozók szokásos előre tekintési időtávja azonban – mint ahogyan említettem – jellemzően néhány év, ritkán és akkor is csak maximum 10-20 év, emiatt ez a fejlesztés vagy nem történik meg, vagy csak nagyon lassan. Éppen azok dolgoznak a fenntarthatóság ellen, akiknek annak megvalósítása volna a feladata. De ez nem véletlenül van így: a globális környezeti fenntarthatóság elmélete szerint a „döntéshozók” „döntéseit” az embertömegeknek az **(1) egyenletnél** tárgyalt népességszáma és egyéni igényei határozzák meg; ezek környezeti hatásait pedig az alkalmazott technológiák teljesítőképessége nem feltétlenül a jó irányba befolyásolja. Ez egy körkörös ok-okozati lánc, és nem látszik az, hogy hogyan lehetne ebből kiszállni.

Ez semmiképpen nem jó hír. Megfelelő, a globális fenntarthatósági elméletre alapuló elemzések nélkül nem is lehet olyan javaslatokat tenni, amik tényleg a fenntarthatóság irányába mutatnak. De ismételten: a „döntéshozók” nem a társadalom számára költséget jelentő, hosszú távon jelentkező fenntarthatósági kérdéseiről, hanem a rövid távú profittal kapcsolatban végeztenek elemzéseket, mert az általuk képviselték számára – valójában mindannyiunk számára – a fenntarthatóságot megsértő gyakorlatból lehet a legkönnyebben profitálni. Amíg a közlegelők tragédiájának megvannak a feltételei, ez a gyakorlat meg is fog maradni.

Abban lehet bízni, hogy a technológiai fejlődés majd minden problémára megtalálja a megoldást. Ezért van az, hogy valódi, a fenntarthatóság irányába mutató cselekvés helyett (nem kimondva, de tettekkel) a közvélekedés erre a bizalomra helyezi a hangsúlyt. Egyelőre nincs azonban bizonyíték arra, hogy ez egy *mindig* sikeres stratégia; arra viszont van történelmi bizonyíték elég, hogy az alkalmazott stratégiák nem voltak mindig sikeresek.

Sajnos a szövegek hangoztatásába az egyetemi és más tudományos intézmények és kutatók is „beszálltak” (rengeteg értékeléssel, jelentéssel, cikkel). Ez gyakran anélkül történik meg, hogy a véleményformálók akár maguk elvégeztek volna egy tisztességes, kvantitatív fenntarthatósági elemzést, vagy hogy szembesítenék az embereket, valamint a termelési és profit-szférát azzal, hogy valójában mit is csinálnak. Sőt, kialakulnak az olyan trükkök, hogy „okos” telefonról, városról, autóról, Balaton-parti padról stb. beszélnek, csak azért, mert azoknak van néhány olyan szolgáltatása, amivel egy „normál” (értsd: hagyományosabb) telefon stb. nem rendelkezik. Ettől azonban ezek a tárgyak nem válnak

„okossá”, a trükkök nem válnak elegendő mértékben hasznossá, pláne nem fenntarthatóvá az általuk általában (nem mindig) lehetővé tett, a korábbiaknál nagyobb fogyasztás miatt. Egy „okos” pad elkészítése, a helyszínre szállítása (esetleg a régi, még használható pad elszállítása, megsemmisítése stb.) is igénybe veszi, esetleg kifejezetten rongálja a környezetet. Ha pedig az „okos” pad az odalátogatók számára még kellemesebb ott-tartózkodást kínál, mint a „normál” pad, akkor esetleg még több turista utazik majd a Balaton-partra, ami ismét még több környezeti kárt jelent. Legyen bár „első osztályú” valamilyen új termék vagy szolgáltatás, nem „fapados” – leggyakrabban csak álmegoldás, a környezeti katasztrófa irányába tett további lépés.

Nem vállalkozhatom a globális jövőre vonatkozó specifikusabb predikciókkal, bár azok vizsgálatát minden jelentősebb környezeti erőforrásra nézve (beleértve a Földnek a hulladékaink felvételére való képességét) fontosnak tartom. (Ilyen predikciók részletesen rendelkezésre állnak számos nemzetközi tanulmányban, pl. IPCC, 2023, IEA, 2024, UNEP, 2024.)

A fenti láttelethez hozzátartozik – bár ennek *önmagában* semmilyen prediktív ereje nincs, csak a kimenetek egyik lehetőségét szemlélteti –, hogy a múltban jellemzően nem sikerült az „önkorlátozás”, a dolgok szabályozása. Több régi civilizáció is legalább részben azért tűnt el, mert túl nagyra növekedtek a környezetük: az őket ellátó ökoszisztémák kapacitásaihoz (fenntartható képességéhez) képest.

A fenti tételekből az is következik, hogy ha a (véleményem szerint) legvalószínűbb kimenetel: Boulding Véggépp Lehangelő Tételében felvázolt kimenetel vár az Emberiségre, akkor az egyrészt egy későbbi környezeti katasztrófát jelent, másrészt viszont azt, hogy fel kell készülnünk a fenntarthatatlan gyakorlatok hatásaihoz való alkalmazkodásra. Az ilyen alkalmazkodás szükségessége arányos egy-egy erőforrás iránti igény növekedésével.

A globális környezeti fenntarthatóság elméletének gyakorlati alkalmazásakor az egyik legfontosabb kérdés az, hogy egy adott globális fenntarthatósági kérdésben közös Emberiség szintű döntésekre szükség van-e vagy nem? Ha nem, akkor a fenntarthatóság megvalósítása könnyebb és lehetséges. Ha azonban közös döntésekre volna szükség, akkor az – legalábbis a jelenlegi fejlettség szintjén – a tárgyalt törvényekből adódóan nemigen látszik lehetségesnek. Az Emberiségen belül mindenkinek (minden releváns embercsoportnak) elegendően azonosaknak kellene lennie az érdekeinek ahhoz, hogy közös érdeké váljon a szükséges szabályozás szabályainak kidolgozása, elfogadása és alkalmazása is.

Akkor ne is törekedjünk fenntarthatóságra? A fentiekből nem következik, hogy ne; de az talán kijelenthető, hogy egyelőre még nemigen van esélyünk a globális környezeti fenntarthatóság önerőből történő megvalósítására. Egyelőre a helyzet inkább az, hogy ha egy politikus azt állítja, hogy sikerült elérni valahol a fenntarthatóságot, akkor hasznosabb azt feltételezni, hogy téved.

Ezt erősíti az a tény, hogy a fenntarthatóság tudatos megvalósítása feltételezi, hogy *minden* szükséges információ a rendelkezésünkre áll a globális környezeti fenntarthatóság elméletében szereplő fenti egyenletek alkalmazásához, vagy az azokból levezethető szükséges gyakorlatok megvalósításához. Ez viszont a legtöbb esetben (vagy talán soha) nincs így, ami jelentős bizonytalanságot eredményezhet a döntésekből adódó jövőbeli következményekre és kockázatokra vonatkozóan.

Ezen kívül mindig lesznek olyan emberek (köztük döntéshozók), akik egy-egy helyzetben rövid távú megfontolások miatt amellet fogják érvelni, hogy mivel nincs elég (tudományos vagy monitoring) információnk, későbbre kell halasztani bizonyos, mások által szükségesnek ítélt beavatkozásokat. A politikusok eddig gyakran éltek is ezzel a lehetőséggel. Rengeteg példát találni a világ minden tájáról pl. az árvízvédelmi töltések vagy öntözési célú víztározók építésének elmaradására. Ilyenkor sokszor (legalábbis a nem szakemberek számára) utólag derült ki, hogy ez mennyire káros hozzáállás volt. Amikor

pedig pl. a túlnépesedés vagy az erőforrások elfogyása nyilvánvalóvá válik a legtöbb ember számára, már késő lehet: az eltartóképességet túllépték, és a természeti erőforrásokban komoly károk keletkezhetnek.

A kételkedők és kritikusok kedvéért hangsúlyozom, hogy a jelenlegi helyzet és trendek fenti rövid értékelése kapcsán részemről nem rosszindulatú világvége-látomásról, nem a mellettem szóló, „rossz” tényekre irányuló mazsolázásról van szó. Éppen ellenkezőleg: *korrektnek és reálisnak szánt, a lehetőségeket kihasználó, tudományosan megalapozott: egy elmélet alapján elvégzett elemzés látteleletének* felvillantása volt a célom. Az azzal a kérdéssel való reális szembenézésre próbáltam példát adni, hogy vajon mi lehet a következménye annak, hogy az Emberiség saját működésével esetleg komoly, de általunk nem megelőzhető katasztrófákat válthat ki.

A tanulmány szempontjából azonban fontosabb az, hogy az elemzés a globális környezeti fenntarthatóság elmélet alkalmazásának próbája és tesztje. Ez az elmélet a globális fenntarthatóság megvalósítására nézve számos korlátozó tényezővel foglalkozik. De ehhez hasonlóan számos korlátozó tényező alakította magának az elméletnek a tartalmát, teljességét, pontosságát és bizonytalanságait is. Remélem azonban, hogy az elmélet nemcsak továbbgondolásra, ellenőrzésre és a szükséges helyeken javításra, pontosításra és bővítésre alkalmas, hanem arra is, hogy akár már a mostani formájában is hozzájáruljon tornyosuló fenntarthatóság problémáink megoldásához is.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Pájer-Gálos Borbálának (SOE) a tanulmány egy korábbi változatának alapos véleményezését és az az alapján tett számos javaslatát.

Ezt a tanulmányt időbeli korlátok nélkül: alapvetően a szabadidőmben, nem munkahelyi elvárások teljesítése érdekében, projekt jelentési és publikálási kényszerek nélkül, és természetesen pénzügyi támogatás hiányában, belső készítésre írtam, azért, hogy megfeleljek a saját szakmai karrieremből adódó intellektuális kihívásnak. Remélem, hogy az írás közben érzett „flow” élményem átszűrődik az íráson és olvasás közben az intellektuális élmény átragad az Olvasóra.

Hivatkozások

Arias-Navarro, C., Baritz, R. and Jones, A. editor(s), 2024. The state of soils in Europe. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/7007291>, JRC137600.

Bardi, U. 2011. The Limits to Growth Revisited. Springer; ISBN: 978-1-4419-9415-8. DOI: 10.1007/978-1-4419-9416-5.

Baten, J., Benati, G., Sołtysiak, A. 2023. Violence trends in the ancient Middle East between 12,000 and 400 BCE. Nature Human Behaviour. 7. 1-10. 10.1038/s41562-023-01700-y.

Boulding, K. 1971. Collected Papers, Vol II. Foreword to T.R. Malthus, Population, The First Essay. Colorado Associated University Press, Boulder, Colorado.

C3S, 2024. Copernicus Climate Change Service: 2024 virtually certain to be the warmest year and first year above 1.5°C. URL: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-virtually-certain-be-warmest-year-and-first-year-above-15degc>

Chure et al. 2022. Anthroponumbers.org: A Quantitative Database of Human Impacts on Planet Earth. Patterns (3). DOI: 10.1016/j.patter.2022.100552.

Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichefet, T., Friedlingstein, P., et al. 2013. Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In T. F. Stocker, D. Qin, & G.-K. Climate Change 2013 – The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change , pp. 1029 – 1136. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.024>

Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D. et al. 2021. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nat Food 2, 198–209 2021. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>

Plattner (Eds.) 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf

EFNRT, 2020. Ecological Footprint Accounting: Limitations and Criticism. URL: <https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2020/08/Footprint-Limitations-and-Criticism.pdf>

Ehrlich, P. and Holden, J. 1971. Impact of Population Growth. Science, 171, 1212-1217.

Grassi, G., Conchedda, G., Federici, S., Abad Viñas, R., Korosuo, A., Melo, J., Rossi, S., Sandker, M., Somogyi, Z., Vizzarri, M., and Tubiello, F. N. 2022. Carbon fluxes from land 2000–2020: bringing clarity to countries' reporting, Earth Syst. Sci. Data, 14, 4643–4666, <https://doi.org/10.5194/essd-14-4643-2022>.

Hardin, G. 1968. The Tragedy of the Commons. Science. 162 (3859): 1243–1248.

Hubbert, M. K. 1974. Exponential growth as a transient phenomenon in human history. In: Strom, M. A. (ed.) Societal issues, scientific viewpoints. American Institute of Physics, New York. Pp. 75-84. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.uvm.edu/~gflomenh/courses/CDAE06/readings/hubbertgf006.pdf>

IEA, 2024. World Energy Outlook, 2024. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>

IOMVM, 2024. List of countries by motor vehicle production. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_motor_vehicle_production

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

Lahn, B. 2020. A history of the global carbon budget. WIREs Clim Change. 2020;11:e636. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.636>

Malanima, P. 2013. Energy Consumption in the Roman World. In: Harris, W. (ed.): The Ancient Mediterranean Environment between Science and History. Brill, 13-36.

Meadows, Donella H. [és mások] 1972. The Limits to growth; a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York: Universe Books.

Molnár, Zs., Kiš, A., Demeter, L., Szabados, K., Molnár, Á. P., Marinkov, J., Ulicsni, V., Biró, M., Ötlerer, K., Katona, K., Máté, G., Kemenes, A., Đapić, M., Juhász, E. M., Perić, R., Babai, D. 2023. Disznók az erdőben. Vácrátót / Novi Sad, pp. 196. URL: <https://ecolres.hun-ren.hu/disznok-pigs-svinje/>

NOAA, 2024. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (CO₂) URL: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

PA, 2015. Paris Agreement. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

Sevareid, E. 1968. The Progressive. CBS News, Start Page 16, Quote Page 16, The Progressive Inc., Madison, Wisconsin.

Somogyi, Z. 2009. Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz: hogyan kezdjük el? Erdészeti Lapok CXLIV.6:164-167. URL: http://www.scientia.hu/cv/2009/Klimavaltozas_es_erdogazdalkodas_Somogyi_Z.pdf

Somogyi, Z. 2016. A framework for quantifying environmental sustainability. Ecological indicators 61:338-345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.034>

Somogyi, Z. 2019. Miért nem tudjuk megállítani a klímaváltozást? http://www.scientia.hu/cv/2019/Miert_nem_tudjuk_megallitani_a_klimavaltozast_Somogyi_Zoltan.pdf

Somogyi, Z. 2024a. Honnan tudod? A tudományos módszer alapjai. Budapest, Magyarország : Magánkiadás (hazai), 405 p. ISBN: 9786150197883. www.scientia.hu/honnantudod

Somogyi, Z. 2024b. Mit kezdünk a klímaváltozással? Néhány tudománytörténeti tanulság. Erdészettudományi Konferencia közleményei, Soproni Egyetem (megjelenés alatt).

Tubiello, F.N., Karl, K., Flammini, A., Gütschow, J., Obli-Laryea, G., Conchedda, G., Pan, X.et al. 2022. Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems. Earth System Science Data 14, no. 4 (2022): 1795–1809. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>

UNEP, 2024. United Nations Environment Programme Emissions Gap Report 2024: No more hot air ... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. Nairobi. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>.

UNFCCC, 2023. Technical dialogue of the first global stocktake. Synthesis report by the co-facilitators on the technical dialogue. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice Fifty-ninth session & Subsidiary Body for Implementation, United Arab Emirates, 30 November to 6 December 2023. URL: <https://unfccc.int/documents/631600>

URL1: https://wwf.hu/wp-content/uploads/2024/10/EloBolygoJelentes2024_osszefoglalo_HUN.pdf

URL2: <https://qubit.hu/2019/02/08/urges-vorsatz-diana-drasztikus-eletmod-valtoztatassal-nehany-even-belul-csokkenthetnenk-a-klimavaltozas-hatasait>

URL3: <https://www.aklimatudomany10uzenete.hu/wp-content/uploads/2024/09/A-KLIMATUDOMANY-10-uzenete-2024.pdf>

URL4: https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol

URL5: <https://unfccc.int/news/emission-reductions-under-the-kyoto-protocol-pave-the-way-for-increased-ambition>

URL6: <https://ourworldindata.org/population-growth?insight=the-world-population-has-increased-rapidly-over-the-last-few-centuries#key-insights>

URL7: <https://gloabaia.org/acceleration>

URL8a: <https://planetedeshumains.fr/en/what-are-the-indicators-of-the-anthropocene>

URL8b:

<http://www.igbp.net/news/pressreleases/pressreleases/planetarydashboardshowsgreataccelerationinhumanactivitiesince1950.5.950c2fa1495db7081eb42.html>

URL9: https://www.footprintnetwork.org/content/uploads/2022/10/LPR_2022_Full-Report.pdf

URL10: <https://www.newsociety.com/Books/E/Ecological-Footprint>

URL11: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

URL12: https://ourworldindata.org/grapher/number-undernourished?country=~OWID_WRL

URL13: <https://ourworldindata.org/grapher/index-of-cereal-production-yield-and-land-use>

URL14: <https://www.reuters.com/investigates/special-report/canada-forests-climate/>

West, Geoffrey B. 2017. Scale : the universal laws of growth, innovation, sustainability, and the pace of life in organisms, cities, economies, and companies. New York: Penguin Press.

WMO, 2024a. WMO Global Annual to Decadal Climate Update. Target years: 2024 and 2024-2028. WMO, Geneva, pp. 27. URL: <https://library.wmo.int/idurl/4/68910>

WMO, 2024b. WMO Greenhouse Gas Bulletin No. 20 | 28 October 2024. URL: <https://library.wmo.int/records/item/69057-no-20-28-october-2024>

Yates, B. 1983. The Decline and Fall of the American Automobile Industry. Empire Books, 302 pp., p. 123.