

A BOLYGÓ LEGÚJABB HATÁRA

THE NEWEST PLANETARY BOUNDARY

Tóth Gergely

PhD, egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvár
toth.gergely@uni-mate.hu

*„...mert kereskedőid a föld fejedelmei voltak,
s a te varázslataid miatt jutott tévútra minden nemzet.”*
Jel 18,23

ÖSSZEFOGLALÁS

Johan Rockström és szerzőtársai 2009-es tanulmánya számszerűsítette a bolygó ökológiai határait, meghatározván a Föld adaptív képességét az egyes területeken, egyben rangsorolva a globális környezeti problémákat. A Római Klub 1972-es jelentése óta ez a legnagyobb hatású tudományos cikk a fenntarthatatlan fejlődés témakörében. A kutatócsoport azóta is folytatja munkáját, s Will Steffen és tizenhét szerzőtársa megjelentette a második jelentést 2015-ben. Meglepő eredményként a klímaváltozás – súlyos volta ellenére – nem végzett dobogós helyen. Három problémát jeleztek fehér foltként a kutatók, ahol is a hatást még nem sikerült számszerűsíteni. Ebben hozott újdonságot a kutatás harmadik jelentése, Linn Perssontól és szerzőtársaitól, mely 2022 elején jelent meg. Az egyik fehér folt, a magyarra új anyagok névvel fordítható problémacsoport számszerűsítése megtörtént, ezzel egyből első helyre tolv fel a globális anyagkörforgás kibillenését. Írásunkban a bolygó ökológiai határaitra vonatkozó friss kutatási eredményeket ismertetjük, és ennek következményeit a globális ökonómiára.

ABSTRACT

Since the trend-setting report of the Club of Rome 1972, the most influential scientific paper in the field of unsustainable development is the 2009 study of Johan Rockström and his team. This aimed at quantifying ecological boundaries of our planet, defining its absorptive capacities in each area. Hereby it ranked global environmental problems in terms of irreversibility. The research team continued its work; Will Steffen and 17 coauthors published the second report in 2015. Surprisingly, despite of its severe state, climate change has not been in the first three upmost problems. The researchers indicated another three areas needing further investigation, where they were not able to identify variable and limits. Here we got the news from Linn Person and team, who published the third report in early 2022. Man-made materials (novel entities) have been quantified by now, putting the unbalance of global material cycle to the very top of the agenda. In this paper we report the new research results on the ecological planetary boundaries, and their consequence on global economics.

Kulcsszavak: fenntartható fejlődés, globálökonómia, éghajlatváltozás, humánökonómia, nettó zéró

Keywords: sustainable development, globeconomics, climate change, humane economics, net zero

BEVEZETÉS

A világvége, illetve a világ megmenthetőségének kérdése alapvetően vallási és nem tudományos kérdés. A tudomány mégis sok részproblémát megoldott, s egyre pontosabb választ ad korunk legsürgetőbb kérdésére: megmenthető-e a bolygónk, és hogyan. Ehhez először viszonylag pontosan kell ismernünk a globális környezeti terhelések természetét s kiterjedtségét, valamint a Föld regeneratív képességét. A fenntarthatatlanság tudományos mutatói közül a legnépszerűbb az ökológiai lábnyom (Wackernagel–Rees, 1996), újabban pedig a karbonlábnyom (Wiedmann–Minx, 2007). Az előbbi azonban csak az évente megújuló biomasszába (ottani szóhasználatban biokapacitásba) számolja át az emberiség adott évi fogyasztását, utóbbi pedig ezen belül is csak egy részproblémára, a globális felmelegedésre koncentrál. Nagy a fejetlenség a tekintetben, hogy melyek a Föld legsúlyosabb környezeti problémái, és ezek mennyire visszafordíthatóak. A kérdés áthatja a politikai döntéshozatalt és a közbeszédet is, ezért különösen fontos a tudomány megalapozott állásfoglalása. Egy régóta várt, frissen publikált kutatás a Föld újabb tűréshatárát számszerűsítette. Amit eddig csak sejtettünk, most pontosan meghatározott tényvé vált: az anyaghasználatunk – elsősorban a természetbe kerülő műanyagok, vegyszerek és gyógyszerek – visszafordíthatatlannak látszó változást okoznak az élő rendszerekben. Ez a probléma messze meghaladja a klímaváltozást, sőt az eddig vezető (legsúlyosabb) rossz talajhasználatot és biodiverzitás-csökkenést is. Bár a hulladékprobléma nem új keletű, a mikroműanyagok témaköre pedig kifejezetten divatosnak számít, a bolygó határai (Planetary Boundaries) kutatás 3. szakasza mégis egyfajta paradigmaváltást jelent: globális energiacyklusunknál is nagyobb gondot okoz a felgyorsított és túl nagy volumenű mesterségesanyag-ciklus (amit a kutatók „novel entities” néven neveztek, s amit mi „új anyagok” néven fordítunk).

A „NÉPSZERŰ” KLÍMAVÁLTOZÁS

A klímaváltozáson túl

Legalább öt éve minden egyetemi előadáson megkérdezem a hallgatókat, hogy egy zárt listából melyiket tartják a legnagyobb globális környezeti problémának. Csoportonként van némi eltérés, de a válaszadók 70–90 százaléka szinte mindig a klímaváltozást teszi az első helyre. A sajtóban és immár a politikában is

messze túltreprezentált a „globális felmelegedés” kérdése. A *karbonlábnyom* az ökológiai lábnyom része, mégis szinte több projekt indul a részterületen, mint az egészen. Az EU nagy hagyományú fenntarthatósági politikáit elhomályosítja a *Zöld megállapodás* (Green Deal, Európai Bizottság, 2019), ezen belül a 2050-es karbonsemlegességi cél mellett alig kerül szóba például az ökoszisztémák és a biológiai sokféleség megóvása. Ezt a tendenciát még inkább felerősítette (vagy inkább előrébb hozta) az orosz–ukrán háború okozta energiaválság. A legújabb vállalati fenntarthatósági mozgalom, a *Net Zero* pedig az üvegházhatású gázok összességében nulla kibocsátásától várja a világ fenntarthatóvá tételét (Frankhauser et al., 2022).

Ebben a cikkben arra kaphatunk választ, hányadik legfontosabb problémának tartja a tudományos világ legfrissebb és egyik legmértékadóbb közleménye a klímaproblémát. A gyors válasz: eddig a 4. legsúlyosabb és legkevésbé visszafordítható volt a rangsorban, mostantól már csak az 5. Ezzel nem azt szeretnénk mondani, hogy a klímaváltozás ne lenne igen drámai probléma, hanem hogy sajnos vannak még drámaibbak is.

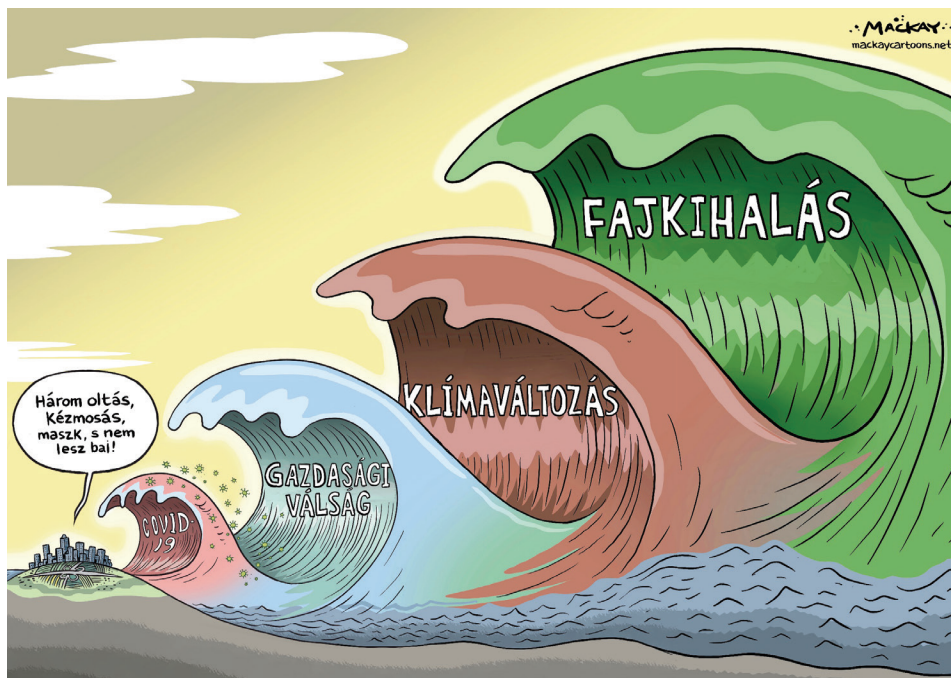
A klímaváltozás visszafordítható!

Álljunk meg egy pillanatra, s rehabilitáljuk röviden a karbonlábnyomot, a *nettó zérót*, a felmelegedést első helyre tévő politikust, vállalatvezért, utca emberét. A globális klímaváltozás valóban súlyos bonyodalom, amely egész régiókat tehet lakhatatlanná, s amely máris sok emberéletet követelt (Sipos, 2019). Az ember okozta hatás talán kicsi, de perdöntő. Aki ennek ellenkezőjét állítja, az tudatosan vagy véletlenül téved, feltűnést keres, esetleg álhírt terjeszt. Az éghajlati gond rangsorban való lecsúszása nem azt jelenti, hogy kevésbé fontos lett, vagy jelentősen javult a helyzet, hanem hogy egy új probléma került számszerűsítésre, amire legalább 2009 óta vár a tudományos közvélemény.

A klímaharc továbbra sincs megnyerve, bár átfogó tervek és gyakorlati intézkedések állnak rendelkezésre, és – ami százszor fontosabb – talán valós szándék is a konkrét lépésekre. Lépésekre, amelyeknek sokkal radikálisabbnak és átfogóbbaknak kell lenniük, mint hogy járjon mindenki elektromos autókkal. Itt csak egy ilyen tervet említünk: a Paul Hawken ökológiai közgazdász koordinálta *Drawdown Projektet* (2017). A száz globális intézkedést tartalmazó, rendkívül magas színvonalú és konkrét számításokat, reális ajánlásokat tartalmazó mű magyarul *Visszafordítható* címmel jelent meg (Hawken, 2019). 2022-ben pedig magyarul is napvilágot látott a folytatás, melynek Paul Hawken a következő címet adta: *Regeneráció – A klímakatasztrófa elkerülése társadalmunk és élővilágunk megújításával egy generáció alatt*. A klímaváltozás elleni harc tehát fontos, és továbbra is hősiesség igényel, de nem a fő ellenség, csak egy nagyobb problémahalmaz egyik, és sajnos nem is legsúlyosabb eleme.

A fenntarthatatlanság egyik leghíresebb karikatúrája

Korunk nagy harcát a fenntarthatóságért vívjuk. Könnyű lenne Karl Marx vagy Greta Thunberg retorikáját követve kijelölni a jókat és rosszakat (világ vezetői és „a nép”, korábbi generáció és fiatalok stb.), de ha reálisak vagyunk, mindkét oldalon mi, ma élő emberek állunk. Mi tüntetünk a klímavédelemért, és élünk húsmentesen, de közben beülünk autóinkba, és hazamegyünk összkomfortos lakásainkba, ahonnan viszont néha kiruccanunk katasztrofális ökolábnymóú plázákba, wellnessközpontokba és éttermekbe, s ha megengedhetjük magunknak, el-elrepülünk egy-egy egzotikus szigetre. Ezért le kell mondanunk arról a populista képről, hogy nincs más feladat, mint várni a környezetbarát gépkocsit, fúziós erőművet, klímavészhelyzetet hirdető politikust választani, s megváltoztatni néhány marginális fogyasztási szokásunkat. A nagy harcot meg kell vívnunk, s ez áldozatokkal jár. Nem valaki ellen, hanem valamiért és valakiért. A fenntartható fejlődésért, a jövő generációkért és más fajokért.



1. ábra. Sajnos vannak a pandémiánál is nagyobb fenyegetések, eddig a fajkihalás tűnt a legsúlyosabbnak (2 hullámos eredeti változat: Editorial Cartoon by Graeme MacKay, *The Hamilton Spectator*, 2020. 03. 11.¹)

¹ Fordítás és utánközlés minden ábránál a szerzők engedélyével.

Graeme MacKay grafikája (1. ábra) jól szemlélteti a problémát. Az eredetileg 2020. március 11-én – két nappal a magyar Covid19-zárlat meghirdetése előtt – a *The Hamilton Spectator*-ban megjelent karikatúra egy parányi országot (eredetileg Kanada) mutat pillanatokkal az előtt, hogy elsodorná a szökőár. A cunami eredeti felirata: *Covid19*. „Jól mossunk kezet, s nem lesz baj!” – mondják az ország vezetői. Ám a szökőár mögött jön egy még nagyobb hullám, amit az első eltakar, ez a *Gazdasági recesszió*.

A karikatúra memmé vált, s több mint kétezer változatban jelent meg azóta, például az *Economist* című lapban. Egy karikatúra ritkán pontos tudományosan is, de ez az: a témát ismerő tudósok és laikusok maguk továbbrajzolták, vagy erre kérték az alkotót. Így a gazdasági recesszió mögé egy még nagyobb hullám került *klímaváltozás* felirattal. Végül egy negyedik, legnagyobb hullám, amire ez volt írva: *A biodiverzitás összeomlása*. Most sajnos egy ötödik, mindent elsöprő hullámot kellene berajzolnunk *új anyagok* felirattal.

A BOLYGÓ HATÁRAI KUTATÁS

Az első két szakasz (2009, 2015)

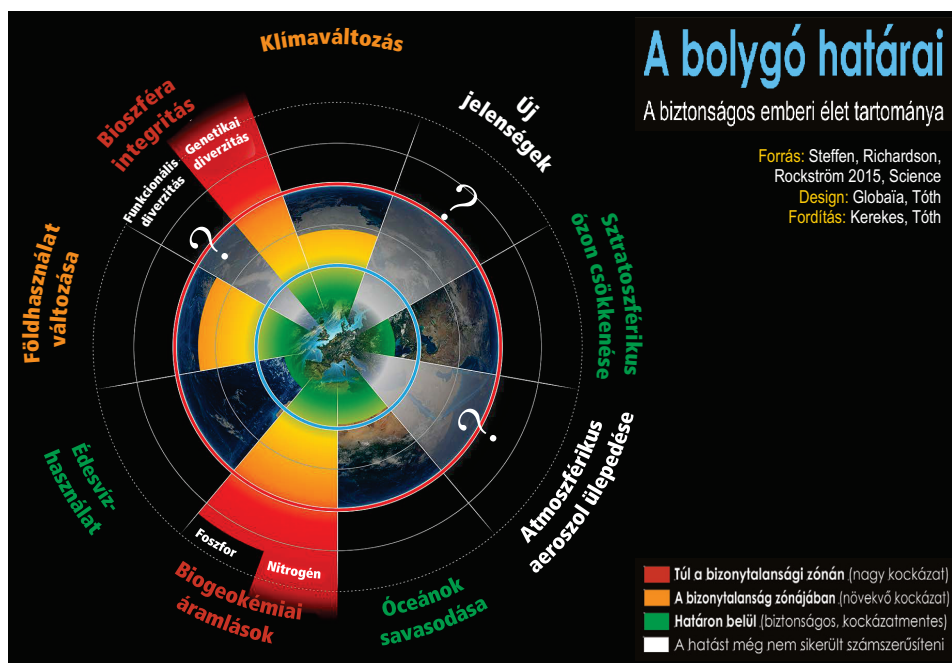
A téma amúgy is részletes és hatalmas apparátust felvonultató irodalmát mintegy megkoronázta Johan Rockström és harmincegy szerzőtársa 2009-ben a *Nature* és az *Ecology & Society* folyóiratokban megjelent két cikke, amelyek címe körülbelül így fordítható: *A bolygó határai – az emberi tevékenység biztonságos keretei*. A hatalmas apparátust és szakértelmet felvonultató jelentés kilenc területen vizsgálja a bolygó fenntartó, regenerálódási képességét. Az összefoglaló cikk szerint már legalább négy területen kimutatható a súlyos létrombolás, ez a biodiverzitás-vesztés (fajkihalás), a nitrogén- és foszforciklus, a földhasználat-változás, valamint a klímaváltozás. (A jelentés csak környezeti dimenziókkal foglalkozik, társadalmiakkal nem.) A *Stockholm Resilience Centre* munkatársainak cikke, melyet a Koppenhágai Klímakonferencia után hoztak nyilvánosságra, Kerekes Sándor (2016, 77.) mértékadó véleménye szerint legalább akkora hatást gyakorolt a szakmai közvéleményre, mint a *Római Klub* 1972-es jelentése (Meadows et al., 1972).

A radarábrát azóta rendkívül gyakran látjuk előadásokon, a három cikk pedig 2500 feletti idézettséget ért el, ami egy nagyobb magyar egyetem összes publikációjának is dicsőségére válna. A kutatócsoport ezért *Will Steffen* vezetésével 2015-ben megismételte a felmérést, és nyilvánosságra hozta a *Science* című lapban (Steffen, 2015).

A három cikk adatai alapján pontosan követhetők a megállapított mérőszámok, globális és helyi határértékek, azok értéke az iparosodás kora óta. Érdekes az első két cikk között eltelt hat év is, például a 2015-ös változatban a globális fel-

melegedés csak a 4. legsúlyosabb problémának látszik. Sok helyen változtatták a mérőszámokat, így a 2009–2015 közötti változás nemcsak a folyamatokat, hanem a tudományos eszköztár finomodását is jelzi.

A tanulmány szerzői a környezeti fenntarthatóság tizenegy területét próbálták meg számszerűsíteni. Ezek (két összevonással): 1. A klímaváltozás, 2. az óceánok savasodása, 3. A felső légkör ózonrétegének vékonyodása, 4. A nitrogén- és foszforciklus, 5. A globális édesvíz-használat, 6. A földhasználat változása, 7. A fajgazdagság csökkenése, 8. Az atmoszféra aeroszoltartalmának változása, végül 9. A vegyi szennyezés (új anyagok). A kutatók három kivételével² vették a bátorságot, hogy megpróbálják meghatározni a kritikus határt (ez az ún. *átbillenési pont*, angolul *tipping point*). Az elemzés magában foglalja a kritikus határtól való távolságunkat is. A 2. ábrán (ún. radarábrán) látható három koncentrikus kör az adott jellemző különböző határait jelöli. A belső kör jelzi a *biztonságos működés* határát. Belülről



2. ábra. A 'Planetary Boundaries' eddig érvényes diagramja szerint a globális felmelegedés csak a negyedik legsúlyosabb probléma (Steffen et al., 2015, *Science*; Design: Globaia)

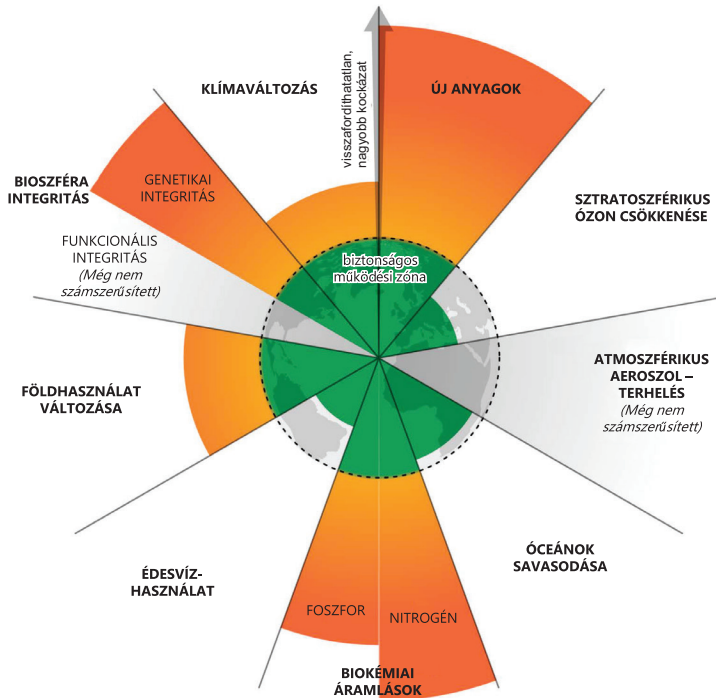
² 2015-ben nem volt kvantifikálható, de az ábrán kérdőjellel már szerepel három terület: 1. az új jelenségek (nagyrészt vegyi anyagok és módosított életformák), 2. az atmoszférikus részecskék ülepedése, valamint 3. a funkcionális biodiverzitás, ami a fajgazdagság elvesztésének részterülete. 2022-re az új anyagok (új jelenségek) bolygóhatárt számszerűsítették.

az első és harmadik körgyűrű közötti tartomány jelzi az átbillenési pontot, ahol már nagyok a bizonytalanságok és a kockázat. A harmadik körgyűrűn kívüli szféra már a változó olyan értékeit tartalmazza, ahol ez a bioszféra egészét, magát az életet veszélyezteti. *Globális, gyors és nagyrészt visszafordíthatatlan változások* ezek. A tanulmány szerint a vizsgált kilenc dimenzióból kettőnél már messze túlléptük azokat a határokat, amelyek a biztonságos létezés kereteit jelentenék.

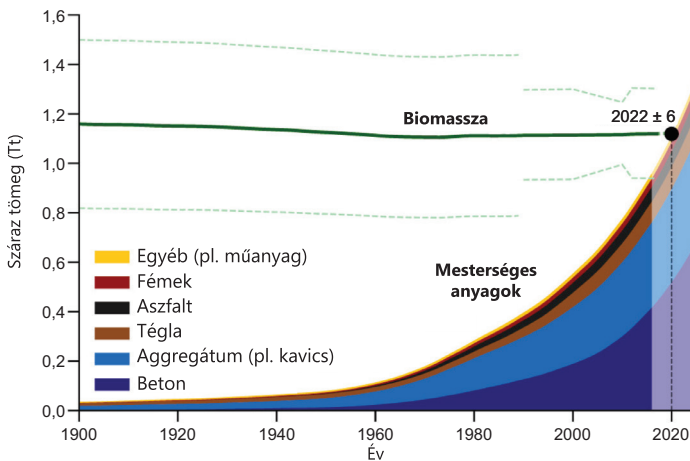
A bolygó határai kutatás 3. szakasza

2022. elején új cikk látott napvilágot, amelyben immár az új (vegyi) anyagok számszerűsítése is megtörtént – sajnos lesújtó eredménnyel (Persson et al., 2022). A tizennégy tudósból álló csoport arra a következtetésre jutott, hogy ezen a területen is messze túlléptük a bolygó adaptív képességét, a környezetszennyező anyagok, elsősorban a műanyagok természetben való felhalmozódása miatt. Napjainkra a Földön a műanyagok tömege kétszeresen meghaladja az összes emlősállat súlyát. Ráadásul a valaha gyártott összes műanyag 80 százaléka a környezetben marad. 1950 óta megötvenszereződött a vegyi anyagok gyártása. Ma 350 000 féle vegyi anyagot állítunk elő mesterségesen. Ezek között vannak műanyagok, növényvédő szerek, ipari vegyszerek, a fogyasztási cikkekben használatos vegyi anyagok, antibiotikumok és gyógyszerek. Ezek mind teljességgel új anyagok, amelyeket az ember csak néhány évtizede állít elő, ezért majdnem teljesen ismeretlen az ökoszisztémára gyakorolt hatásuk. A kikerülő anyagmennyiség messze meghaladja tudósok és kormányok lehetőségeit a helyi és globális kockázatok elemzésére, a problémák megoldására. Ráadásul ezen anyagcsoportban 2050-ig a kibocsátás további megháromszorozódása várható (Persson et al., 2022). A frissített radardiagramot a 3. ábrán láthatjuk.

Korábbi kutatások megerősítik a mesterséges anyagok volumenét. A *Nature* 2020 végén megjelent cikkében Emily Elhacham és négy munkatársa döbbenetes adatokat közölnek. A kutatók 1900-tól napjainkig becsülték meg az emberiség által létrehozott anyagok (fémek, beton, aszfalt, műanyagok) mennyiségét. Ezek a 2020-as évtől már túlsúlyban vannak a Földön a természetes biomasszához képest. Az időszak kezdetén a mesterséges anyagok még eltörpültek a természetes mellett; mindössze annak 3 százalékát tették ki. Az ember által készített anyagok tömege ugyanakkor minden húsz évben átlagosan megduplázódott az utolsó százhusz év folyamán. A 4. ábrán látható a pontos növekedési ütem, ami csak a háborúkban és gazdasági válságokban hagyott alább, de ekkor sem csökkent 1, majd az 1950-es évektől 3 százalék alá. Ma pusztán a műanyagok tömege az összes állaténak kétszerese, az épületek és egyéb infrastruktúra tömege pedig több mint 20%-kal múlja felül a bolygó teljes növényzetének tömegét. És ez még csak a legkedvezőbb számítás, ha a haszonállatokat vagy az emberek által „felhasznált” (megmozgatott) föld mennyiségét az antropogén szférához számítjuk,

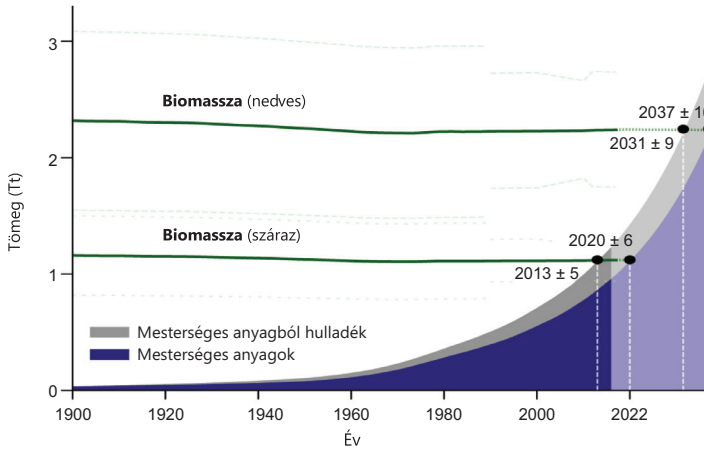


3. ábra. A 'Planetary Boundaries' 2022-ben közreadott diagramja, kiegészítve az új anyagok határaival (Persson et al., 2022. Az ábrát az Azote készítette a Stockholm Resilience Center megbízásából.)



4. ábra. 2020-ban a történelem során először a mesterséges anyagok tömege meghaladta az összes biomasszáét (Elhacham et al., 2020)

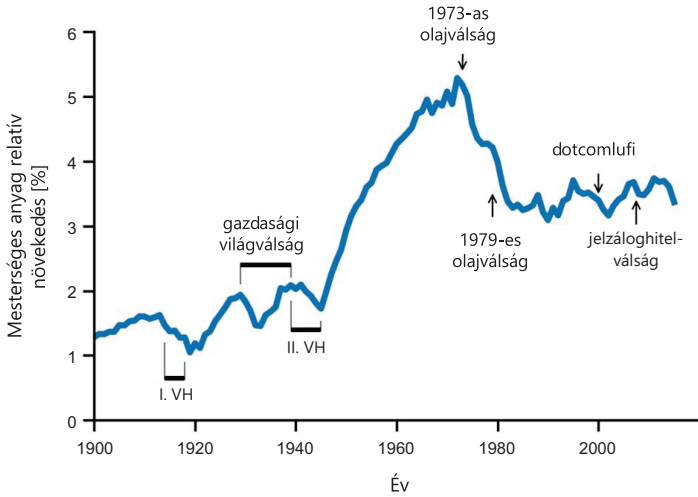
a 2020-as évforduló akár 1975-re is visszacsúszhat. Egy főre vetítve egy hét alatt több mesterséges anyagot hozunk létre, mint saját testsúlyunk. A humánszféra terjeszkedése messze meghaladja a népesedés növekedését, az erdőirtások volumene például jócskán felülmúlja a mezőgazdaság termőterület-bővülését. A globális anyagkörforgás legfontosabb kimutatásait Elhacham és szerzőtársai (2020) alapján a 4–7. ábrákon foglaltuk össze.



5. ábra. Hamarosan több le nem bomló hulladék lesz, mint amennyi mesterséges anyag létezett 1970-ben (Elhacham et al., 2020)

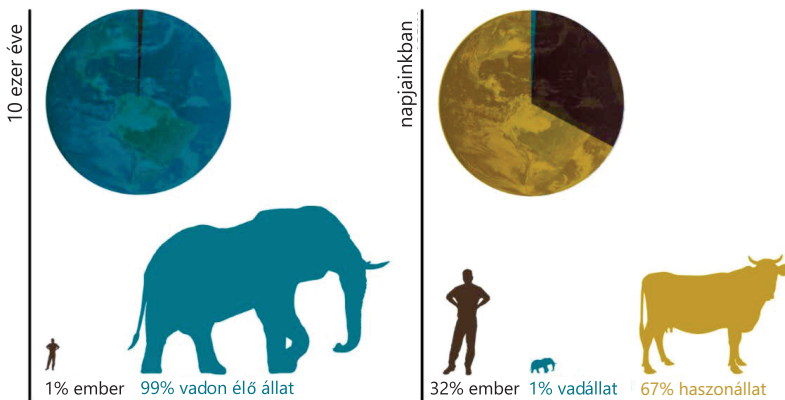


6. ábra. A műanyagok tömege kétszeresen meghaladja az összes állatét, az épületek és egyéb infrastruktúra pedig ötödével nyomban többet az összes fánál és bokornál (Elhacham et al., 2020)



7. ábra. A mesterséges anyagok tömege prosperálás idején gyorsabban, válságokban és háborúkban lassabban, de folyamatosan növekszik (Elhacham et al., 2020)

Vaclav Smil 2011-es cikkében a nem növényi „biomassza” fő összetevőit mutatja be, sokkal hosszabb időtávon. Míg a mai civilizációnk kialakulásának hajnalán (Kr. e. 8000 körül) az összes állat tömegének 99%-át a vadon élő állatok tették ki, a maradék 1%-ot pedig az ember, addig napjainkra ez az arány drasztikusan megváltozott: az emberek össztömege harminckétszer akkora, mint a vadon élő állatoké. Ha tenyészállataink embereket kétszeresen meghaladó tömegét is ide számítjuk, akkor az összes vadon élő állat ma az össztömeg egy századát teszi ki. Smil 2011-es cikkének legfontosabb adatát az *8. ábra* ábrázolja.



8. ábra. Az összes ember, a haszonállatok és a vadon élő állatok össztömege régen és ma (Vaclav Smil, 2011, grafika: Population Matters)

A kutatás dokumentumfilmes feldolgozása (Breaking Boundaries)

A cikkünk fő témáját adó kutatás népszerűségét mutatja, hogy az a populáris médiában is jelen van: a Netflix 2021 júniusában mutatta be a *Breaking Boundaries: The Science of Our Planet* (A bolygónk jövőjének tudománya) című dokumentumfilmet, amelyet David Attenborough és Johan Rockström jegyez. Emlékeztetőül: Rockström a 2009-es eredeti *Planetary Boundaries* című cikk vezető kutatója, akit a WOS-t (Web of Science) is működtető Clarivate Analytics 2018 legidézettebb szerzőjeként tart számon. Úgy is tehetünk egy keveset a jövőért, ha megismerjük a valóban fontos fenntarthatósági kutatásokat, s két sorozat megtekintése közé beiktatjuk például *A bolygónk jövőjének tudománya* című (73 perces) dokumentumfilmet.

GLOBÁLÖKONÓMIA

A közgazdaságtant *makro- és mikroökonómiára* szokták felosztani, állítólag John Maynard Keynes nyomán. Az előbbi a nemzetgazdaságok egészével foglalkozik, az utóbbi az egyéni gazdasági szereplőkkel (például: fogyasztók, vállalatok, állami szervek). Itt lenne az ideje, hogy a közgazdasági egyetemeken és üzleti főiskolákon ne makro- és mikroökonómiát, hanem globálökonómiát (angolul: *globeconomics*) tanítsanak. A kifejezés a közgazdaságtan azon új – megalapítás előtt álló – ágát jelöli, amely a teljes világ gazdaság ökológiai határait tanulmányozza, s amely a nemzetgazdaságok kiegyensúlyozott fejlődését célozza, a szélsőséges egyenlőtlenség visszafogására, és a növekvő gazdagság okozta csökkenő határboldogság³ megakadályozására.

A világ önmagunktól való megmentésére irányuló közgazdasági reformba, avagy forradalomba jól illik a planetáris határok legújabb kutatása, csakúgy mint az ENSZ fenntartható fejlődés céljai, az ún. SDG-k (UNDP, 2016), vagy a társadalmainkat és vállalatainkat a nettó zéró felé vezető *tudományalapú célok* (Science Based Targets). Reméljük, hogy bolygónk és rajta az élet mai sokszínűségében még megmenthető, s nem vesznek erőt rajtunk a csüggedés és a háború démonjai!

IRODALOM

Elhacham, E. – Ben-Uri, L. – Grozovski, J. et al. (2020): Global Human-made Mass Exceeds All Living Biomass. *Nature*, 588, 442–444. DOI: 10.1038/s41586-020-3010-5, <https://fisherp.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/s41586-020-3010-5.pdf>

³ A közgazdasági elemzésben a marginális elemzés alkalmazása a boldogság anyagi dimenziójára, azaz a pénzmennyiség növekedésével az utolsó bevételnövekmény boldogságnövelő hatása.

- Európai Bizottság (2019): *Az európai zöld megállapodás*. Bizottsági Közlemény. COM(2019)640. Brüsszel: EC, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_hu#documents
- Fankhauser, S. et al. (2022): The Meaning of Net Zero and How to Get It Right. *Nature Climate Change*, 12, 1, 15–21. DOI: 10.1038/s41558-021-01245-w, <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01245-w>
- Hawken, P. (ed.) (2017): *Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming*. Penguin. Magyarul: *Visszafordítható. 100 hatékony megoldás a klímaválsághoz*. (ford. Dankó Zs., Jánossy L., Vásony P. et al.) Budapest: HVG Könyvek, 2019
- Hawken, P. (ed.) (2021): *Regeneration: Ending the Climate Crisis in One Generation*. Penguin Books. Magyarul: *Regeneráció – A klímaválsághoz elkerülése társadalmunk és élővilágunk megújításával egy generáció alatt*. (ford. Darnyik J., Weisz B.) Budapest: HVG Könyvek, 2022
- Kerekes S. et al. (2016): *Pénzügyekről másképpen – Fenntarthatóság és közösségi pénzügyek*. Budapest: Wolters Kluwer
- Meadows, D. – Meadows, D. – Randers, J. et al. (1972): *The Limits to Growth – A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books. Magyarul: *A növekedés határai*. Nyomatott anyag. 1973, <https://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
- Persson, L. – Carney Almroth, B. M. – Collins, C. D. et al. (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science & Technology*, 56, 3, 1510–1521. DOI: 10.1021/acs.est.1c04158, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04158>
- Rockström, J. et al. (2009a): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14, 2, 32. <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rockström, J. et al. (2009b): A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461, 472–475. DOI: 10.1038/461472a, <https://www.nature.com/articles/461472a>
- Sipos G. (2019): A tengerszint mindenképpen emelkedni fog, csak nem mindegy, mennyire – az IPCC új különjelentéséről. 2019. 10. 04. mta.hu, https://mta.hu/tudomany_hirei/a-tenger-mindegy-emelkedni-fog-csak-nem-mindegy-mennyire-az-ipcc-kulonjelentese-109996
- Smil, V. (2011): *Harvesting the Biosphere: The Human Impact. Population and Development Review*, 37, 4, 613–636. DOI: 10.1111/j.1728-4457.2011.00450.x, https://www.researchgate.net/publication/221818629_Harvesting_the_Biosphere_The_Human_Impact
- Steffen, W. – Richardson, K. – Rockström J. et al. (2015): Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science*, 13 Feb 2015. 347, No. 6223. DOI: 10.1126/science.1259855, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>
- UNDP (2016): *Sustainable Development Goals*. <http://www.undp.org>
- Wackernagel, M. – Rees, W. (1996): *Our Ecological Footprint – Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC.: New Society Publishers. Magyarul: *Ökológiai lábnyomunk*. (Trombitás G.) Föld Napja Alapítvány, 2001
- Wiedmann, T. – Minx, J. (2007): A Definition of ‘Carbon Footprint’. In: Pertsova, C. C.: *Ecological Economics Research Trends*. New York: Nova Science Publishers 1–11. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.6821&rep=rep1&type=pdf>