

Bezegh András

■ andras@bezegh.hu

# Körforgásos gazdaság: a fenntarthatóság nélkülözhetetlen eszköze

## A fenntarthatóság, illetve a fenntartható fejlődés

Ezt az cikket 2020-ban, a Covid19 világvárvány felfelé ívelő szakaszában írom. Annak ellenére, hogy korábban elhatároztam, még csak nem is említem, mégis szóba hozom. A járvány sok negatív következménye mellett van néhány pozitív is. Egyik ilyen az, hogy sokan – köztük jogászok, újságírók, politikusok – megismerkedtek a járványterjedés egyik jellemzőjével, az *exponenciális növekedéssel*.

Ez viszont már az adott témánkba vág. A *fenntarthatóság* ugyanis kimondva-kimondatlanul az exponenciális növekedés elmentésére. Ez a fenntarthatóság 1972-ben még eredetileg fenntartható fejlődés volt, és a környezet védelmének összekapcsolódását jelentette a már akkoriban is égető társadalmi, gazdasági kérdésekkel. Ráadásul, amint azt az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága 1987-ben meghatározta, a fejlődés legyen olyan, amely „kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy csökkentené a jövő generációk képességét, hogy kielégítsék a saját szükségleteiket”.

Miközben a szegénység csökkentésének kérdése állandó feladat, és továbbra is nagy jelentőséggel bír, a világ új kihívásokkal néz szembe, kezdve a népességnövekedéstől, az élelmiszer- és energiaválságoktól az időnkénti globális recesszióig és az éghajlatváltozásig. Mindezek a tényezők sokkal összetettebbé teszik a mai helyzetet. Bár a legtöbb szerző egyetért abban, hogy a fenntarthatóság kérdése az emberi faj hosszú távú fennmaradásáról szól, a fenntartható fejlődést, a fenntarthatóságot sok vita, félreértés, félreértelmezés övezi. Hogyan értsük a *jelen szükségleteit*, kinek, milyen szükségleteiről van szó? Mít jelenthetnek a *jövő generációk szükségletei* – hány generáció? Elvben bárhány, de tudjuk, a politika időhorizontját a választási ciklusok határolják, és általában az emberek unokáikra, legjobb esetben dédunokáikra gondolva sem képesek kellően hosszú távra felelős döntéseket hozni. Pedig, ha az emberiség hosszú távú érdekeiről van szó, akkor évezredek távlatában kellene gondolkodni. Bármilyen kicsiny, állandó exponenciális növekedés ilyen hosszú távon óriási változást jelent. Éppen ezért a leginkább szokásos politikusi félreértelmezésről, a *fenntartható növekedésről* Herman Daly amerikai közgazdász írta: „mint próza, a gazdaságban egy rossz önellentmondásos kifejezés, mint költészet pedig értelmetlen” [1].

## A körforgásos gazdaság

A *körforgásos gazdaság* elsősorban azt jelenti, hogy törekszünk a termékek karbantartásának és javításának, újrafelhasználásá-

nak és újrahasznosításának további növelésére. Ezek a tevékenységek természetesen már régóta jelen vannak a gazdaságban, sőt, mondhatjuk, mindig is jelen voltak. A reciklálás, visszaforgatás (hivatalosan magyarul újrafeldolgozás) sok ezer éves múltra tekint vissza.

Időszámításunk kezdete előtt már összegyűjtötték a bronzmaradékokat és újraolvasztották új tárgyak formálásához. De nem csak bronzot recikláztak: hazai bronzkori fonókorong-leletek által okoztak fejtörést a régészek számára, hogy korábbi korokból, esetleg más kultúrákból származó agyagedénycserepek újrahasznosításával készültek.

Az építőanyagok esetében is meglehetősen hosszú időre nyúlik vissza az újrahasznosítás. A római Colosseum köveit az 5. századtól kezdve beépítették kisebb helyi lakóépületekbe. Feljegyezték, hogy Magyarországon az egri vár köveit a 17. századtól kezdve székérszámra „újrafeldolgozták” [2]. Budapesten, a zuglói vasalóház építéséhez az Astoriánál egykor állt Nemzeti Színház bontásából megmentett ablakokat használták fel. Japánban a 11. században készítették papírt használt papírból, az USA-ban csak kb. 150 éve.

„Szemből arany – piszokból jólét! Hiszen, ha jól meggondoljuk, nincs szemét, nincs piszok. Csak anyag van, mely akkor válik szemétté, ha nincs a helyén; a legértékesebb is. Értékké válik a leghitványabb is, ha helyére kerül. Nagy tanulság ez! Mindenre érvényes. Anyagra, energiára, emberre. Mindent és mindenkit a maga helyére!” – jelent meg *A technika világa* című könyvben, *Beke Manó* szerkesztésében, 1928-ban [3]. Az anyagkörforgás a hétköznapi, a józan éssen alapuló gondolkodásban éppúgy, mint a mérnöki gondolkodásban, mindig is jelen volt.

## Elkerülhetetlen zöldülés

Ökológiai közgazdászok többször kifejtették álláspontjukat az *állandósult állapotú* gazdaság szükségessége mellett, mert a világ már *tele* van. Ipari-kapitalista rendszerünk elterjeszkedett odáig, ahol már nincs tovább. A „globális gazdaság most olyan hatalmas, hogy a társadalom már nem viselkedhet úgy, mintha egy végtelen méretű ökoszisztémában működne” [4]. Ezt az EU üzleti körei és bürokratái is végre felfedezték, vagyis, hogy a földgolyó készletei végesek. Ebből következően az ásványi nyersanyagok és a mai napig domináns fosszilis eredetű energiahordozók készletei előbb-utóbb kimerülnek. A készletek csökkenésének figyelmeztető jelei: az ezredforduló óta egyre magasabb nyersanyagárak, a szélsőséges áringadozás és az időszakos hiányok.

Sokak előtt ismert volt *Angela Merkel* német kancellár néhány évvel ezelőtti pekingi, luandai, abujai és ulánbátori útja [5]. Valójában az *Allianz zur Rohstoffsicherung* (Szövetség a Nyersanyagbiztonságért) nevű szervezet, illetve a szervezetet alkotó német gigavállalatok (BASF, Bosch, Thyssen-Krupp, Daimler stb.) és a körükük gyülekezett kisebbek számára igyekezett biztosítani bizonyos egzotikus nyersanyagok folyamatos ellátását. Különben, mint írták annakidején, sokan lehúzhatták volna a rolót.

Az olyan high-tech termékek, mint a merevlemezek, hangszórók, mágneses csapágyak, kémiai és orvosi műszerek és a legkülönbözőbb villanymotorok nem nélkülözhetik a korrózió- és hőálló szamárium-kobalt vagy vas-bór-neodímium mágneseket. A szenzorok gyártásának kulcsanyagai a  $\text{LiNbO}_3$ , a  $\text{GaPO}_4$ , a  $\text{BaTiO}_3$  és a Nb. Persze a német iparon kívül is nagy a kereslet ezekre a különleges anyagokra. A Toyota Priusok [6] motorjaihoz 1 kg neodímium, akkumulátoraihoz 10–15 kg lantán kell. Aggodalomra ad okot például a lítiumakkumulátorok terjedése is. Vannak, akik szerint a következő évtizedek elektromos autóiak térhódítása miatt lítiumhiány lesz. Nem lesz hozzáférhető, ezért már most javasolják, hogy ne jobb lítiumakkumulátorokat, hanem helyette olyan új akkumulátor-technológiákat fejlesszenek, amelyek gyakoribb, hozzáférhetőbb fémeket használnak.

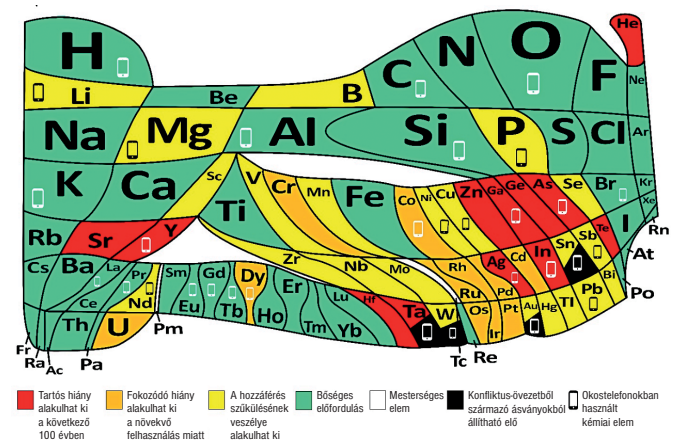
A periódusos rendszer alsó részén listázott 15 elem és az ittrium együtt alkotják a ritkaföldfémek csoportját. A kereslet irántuk évi 40 ezer tonnával haladja meg a kínálatot. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a kritikus anyagok kitermelésének és feldolgozásának lépései gyakran kockázatos országokban összpontosulnak.

A hétköznapi alapanyagok még nagyobb gondot jelenthetnek a jövőben. Ha a nikkal válik nehezen elérhetővé (előrejelzések szerint 2030 táján [7]), a jó minőségű acél gyártása lesz nehéz. Meghatározták azt az időt, amely alatt egy adott nyersanyag kifogy, ez az ún. *burn-off time*. Ez a megbecsült kitermelhető mennyiség és a kitermelés jelenlegi sebességének hányadosa, figyelmen kívül hagyva a termelés exponenciális növekedését vagy a piaci mechanizmusokat. A *burn-off time* a mai szokásos visszaforgatási arányok mellett a cink esetében 20, az ónra 20, az ezüstre 14, és a szupravezető-kutatáshoz, illetve party-léggömbökhöz nélkülözhetetlen héliumra 9(!) év volt egy 2012-ben megjelent tanulmány szerint [8]. Ugyanebben a közleményben egy másik mutató 19 évet adott a héliumnak, és a frissebb híradások is az univerzum egyik leggyakoribb elemének földi szükségességéről számolnak be [9]. Szerencsénkre a vas *burn-off* ideje 79 év, az alumíniumé 132 év, bár ez sem megnyugtató a későbbi generációk számára.

Természetesen, még mielőtt az utolsó tonna cink- vagy ónércet kibányásszák, az áruk olyan magas lesz, ami miatt gyakorlatilag elérhetetlenné válnak, nem fizikailag, hanem gazdaságilag. Látszik ugyanakkor, hogy technikai civilizációnk alapvető erőforrásainak elérhetősége nem csak a távoli jövőt érinti, vannak meglehetősen közvetlen jövőbeli következményei is, amelyekre fel kell készülni.

A réz ára annak ellenére megháromszorozódott az elmúlt évtizedben [10], hogy az egykori fő használatából, a hírközlési célú kábelek területéről végképp kiszorult, ugyanis az üvegszál adathálózati ára századrésze a rézzel történőnek. Optimista feltevés, hogy a jövőben a hiányzó, pontosabban dráguló alapanyagok újfajta anyagokkal helyettesíthetőek lesznek. Tény, hogy az anyagtudomány újabb és újabb nagyszerű, különleges tulajdonságú anyagokat kínál a mérnöki tervezőmunkához, de nincs biztosíték sem arra, hogy az új anyagokhoz nem lesz szükség kifogyóban lévő nyersanyagra, sem arra, hogy az új anyagok elérhető áron, egészség- és környezeti kockázatmentesen állnak majd rendelkezésre.

Tavaly, a Mengyelejev-féle periódusos rendszer kiadásának 150. évfordulója alkalmából az Európai Kémikusok Egyesülete (EuChemS) mutatta be azt az ábrát, amellyel az egyes elemek véges készleteire hívja fel a figyelmet (1. ábra) [11].



1. ábra. A világot alkotó 90 elem. Mennyi van? Elég lesz-e?

Forrás: European Chemical Society, 2019

## Hulladékhegyek

A gazdaság kézzel fogható termékei nemcsak Murphy törvénye (ami elromolhat, az el is romlik), hanem a termodinamika szabályai szerint is valamilyen formában előbb-utóbb hulladékká válnak. Ez a nyersanyagforrások elapadásával egyenrangú problémát okoz. Nem végtelen kapacitásúak azok a természeti erőforrások sem, amelyek funkciója a természetből kitermelt és oda hulladékként visszajuttatott anyag lebontása, feldolgozása, be-, illetve visszaépítése a természet meglévő elemei közé.

A hulladékgazdálkodás növekvő terhet jelent szinte minden gazdaság számára. A népességnövekedés, a fogyasztói társadalom bővülése, a fogyasztói szokások alakulása és az ipari technológiák komplexitásának növekedése egyre nagyobb környezetterhelést és egyre nagyobb kihívást jelent a hulladékártalmatlanításban érdekeltnek számára. Az égetés drága, mellette a légszennyezés kiküszöbölése, a hamu és pernye elhelyezése miatt technikai és jogi nehézségek merülhetnek fel. Nem minden hulladék égethető, a lerakáshoz terület és az érintett lakosság beleegyezése szükséges.

Az EU-ban az utóbbi években évente mintegy 1,7 milliárd tonna hulladék keletkezett, ebből Magyarországon 13 millió. Összehasonlításként: Ausztriában 35, Lengyelországban 150 millió tonna [12]. A hulladék tömegének legnagyobb része, 25–30%-a építési-bontási hulladék. Ennek egy részét ugyan visszaforgatják, de a reciklálás sokkal nagyobb is lehetne, ha az összetevőket szétválogatnák, vagy – még inkább – elkülönítik azok összekeveredését. Jelentős hulladékáramot képviselnek a háztartási hulladékok és a háztartásokból származó elektromos és elektronikus készülékek hulladékai. Ezek mennyiségét növeli a „tervezett elavulás”, egy általában titokban tartott üzleti praktika, amelyik a gyártmányok használati idejének szándékos csökkentésével növeli forgalmát.

A nagy izzólámpa-összeesküvés híre bejárta a világot: a „tervezett elavulás” széles körű megvalósítására az Osram, a Philips, a Tungsram és a General Electric 1924-ben gazdaságtörténeti jelentőségű kartellt hoztak létre és mintegy 15 éven keresztül működtették a villanykörtegyártás és -kereskedelemben „érdekében”. Rendszeresen ellenőrizték egymás termékeit, és ha azok élettartama meghaladta az 1000 üzemórát, bírságot róttak ki. (A kartelltagok szerint az 1000 óra a gondos műszaki optimumkeresés

eredménye volt.) Ennél nyilvánvalóbb eset a nejlonharisnyaé. Kezdetben annyira tartósak voltak, hogy a hölgyeknek csak igen ritkán kellett újat vásárolni. Ezért a gyártó külön erőfeszítéseket tett gyengébb minőségű szálak kifejlesztésére.

A termelés, a kereskedés és a fogyasztás fenntartása érdekében a gazdaság működtetői néha arra törekednek, hogy gyártmányaik mielőbb meghibásodjanak, elkopjanak, elavulttá és javíthatatlanná váljanak. Maga a divat is a tervezett elavulás egyik megnyilvánulása. Egyesek szerint a tervezett elavulás a munkahelyek megtartásának eszköze. Lehet, hogy ez igaz, bár a természet a nagyobb erőforrás-felhasználással, a több keletkező hulladékkal magas árat fizet érte.

## A tartósság mint fő szempont

A tartósság kérdése igen nagy hatással van az erőforrások felhasználására és a hulladékok keletkezésének ütemére is. Ha egy termék kétszer annyi ideig képes ellátni rendeltetését, akkor a hasznos működésére vetített nyersanyagigény és hulladékképződés fele lesz az eredetinek.

A gyártók igyekeznek olyan megoldásokat alkalmazni, amelyek nem könnyítik, inkább nehezítik a házi javításokat. Kivételek mégis akadnak. Néhány ipari ágazat üzleti modelljének része a felújítás. Nagy járműmotorokat vagy éppen nyomtatók festékkazettáit tervezték az egyszerű felújítás szempontjai szerint. Visszaveszik és felújítva adják el újból. Néha van lehetőség a visszavételt követő korszerűsítésre is. A legegyszerűbb javítás a számítógépek szoftvereié, amit frissítésnek vagy update-nek neveznek ebben a szakmában. Ilyenkor egy program egy-egy rosszul működő vagy sebezhető összetevője helyett egy jobb, illetve biztonságosabb, leggyakrabban funkcionálisan fejlettebb elem települ a számítógépre, a felhasználó eredeti beállításai szerint. Mindez a világhálón keresztül zajlik, szinte észrevétlenül.

A hardver-korszerűsítés nem ennyire egyszerű, de mivel sok géptípus moduláris felépítésű, nem is túl bonyolult. Lényeg, és ez nem csak számítógépekre igaz, hogy a karbantartást vagy cserét igénylő részek könnyen hozzáférhetőek legyenek.

Bár jelenleg világszerte évente sok ezer tonna számítógép, telefon és hasonló e-hulladék kerül a szemétkerébe, a javítás-felújítás támogatásával ezek hasznos működési ideje növelhető, lassítva a hulladékkeletkezést és az újak beszerzésének ütemét.

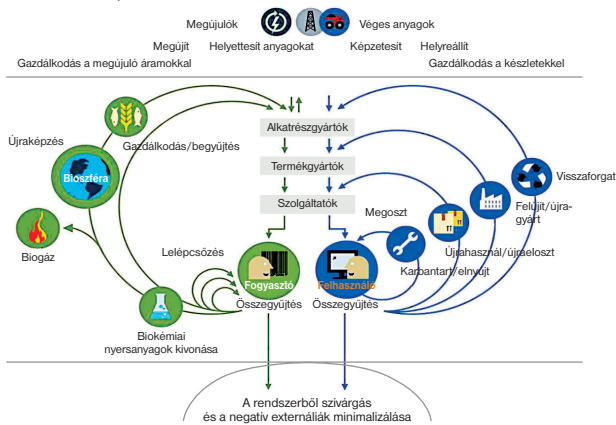
A *Research Council for Automobile Repairs* (RCAR, Gépkocsijavítók Kutatási Tanácsa) nemzetközi szervezet, tagokkal Malajziától Finnországon, az Egyesült Államokon át Braziliáig, évekkel ezelőtt irányelveket dolgozott ki az autógyárak számára, amelyben – mint írják – segítséget nyújtanak a jogszabályoknak megfelelő, biztonságos és gazdaságilag életképes autók műszaki tervezéséhez. Ebben előremutató szerepet kívánnak játszani, különösen az utasok biztonsága és az autók javíthatósága terén. Az anyagválasztástól kezdve az alvázszámig mindenre kiterjed figyelmük. Utóbbiról annyit írtak, hogy azt a legkevésbé sérülékeny részre kell helyezni, és kell titkos alvázszám-helynek is lennie.

Ahhoz, hogy egy termék tartós legyen, nem elég, hogy fizikailag ellenálló, megjelenésében is időtállóan kell maradnia. Használata során ellen kell állnia a kopásnak, a sérüléseknek, ugyanakkor a tulajdonos számára fontosnak és kívánatosnak is kell maradnia hosszú ideig.

A tartósság, a termék-élettartam kérdésével legrégebb óta a genfi *Institut de la Durée*, a Terméktartósság Intézet foglalkozik. Alapítója, *Walter Stahel* építész számos eredeti elképzeléssel járult hozzá a körforgásos gazdaság alakításához [13].

## Sok régi és új megoldás: visszaforgatás, visszanyerés, újrafeldolgozás, újrahasználat és társaik

A körforgásos gazdaság gondolatvilágát, célkitűzését a McKinsey & Company üzleti tanácsadó cég és az *Ellen MacArthur Alapítvány* hihetetlen méretű nemzetközi PR-munkával hozta ki az ismeretlenségből. Élén az angol *Ellen MacArthur* világotutazó vitorlázó hölgygel, aki támogatóival elérte az EU legmagasabb politikai szintjét e kiemelkedő, nemes cél érdekében lobbizva. Első összefoglaló kiadványukban [14] jelent meg a körforgásos gazdaság emblematisztikus ábrája (2. ábra), amely a különböző anyagáramok ciklusait mutatja be.



2. ábra. A körforgásos gazdaság elemei: bal oldalon a biológiai, jobb oldalon a technikai anyagok körei

Forrás: Ellen MacArthur Foundation circular economy team (fordította: B. A.)

Mivel a körforgásos gazdaság az Európai Zöld Megállapódás [15] egyik fő eleme, ez év márciusában az Európai Bizottság dokumentumot fogadott el „A tisztább és versenykésebb Európát szolgáló, körforgásos gazdaságra vonatkozó új cselekvési terv” címmel. A zöld megállapodás a fenntartható növekedésre vonatkozó európai elképzelés. Az új körforgásos akció intézkedéseket terjeszt elő annak érdekében, hogy a fenntartható termékek alapkövetelménnyé váljanak az EU-ban. Emellett cél az is, hogy összpontosítsanak azokra az ágazatokra, amelyek a legtöbb erőforrást használják és ahol a körforgásos gazdaság jó lehetőségeket kínál. Ilyen lehet például az elektronika és az informatika, az akkumulátorok és a járművek, a csomagolás és az élelmiszerek területe.

Volt már korábban is uniós cselekvési terv a fenntartható, karbonszegény, erőforrás-hatékony és versenyképes gazdaság kialakítására, amit a Bizottság „Az anyagkörforgás megvalósítása – a körforgásos gazdaságra vonatkozó uniós cselekvési terv” címen publikált 2015 decemberében. Már ebben is sürgették az áttérést a még inkább körforgásos gazdaságra, olyanra, amelyben a termékek, alapanyagok és erőforrások értékét a lehető legtovább megőrzik a gazdaságban, a hulladék keletkezését pedig a minimálisra csökkentik [16]. A körforgásos gazdaság az EU versenyképességének fokozását ígéri azáltal, hogy megvédi az erőforrások – itt legelsősorban nyersanyagokra kell gondolni – szűkösségével és az ingadozó árakkal szemben. Ez – mint írják – elősegíti az új üzleti lehetőségek, illetve a termelés és fogyasztás innovatív, hatékonyabb módjainak kialakítását.

## Tudatos, előrelátó tervezés, ipari ökológia

A tudományos vizsgálódás tárgyaként az 1970-es évektől kezdve egyre inkább megjelenik a visszaforgatás vagy újrafeldolgozás, a „re-

cycling”, és formálódik az életciklus-elemzés (*Life Cycle Analysis* – LCA) módszertana.

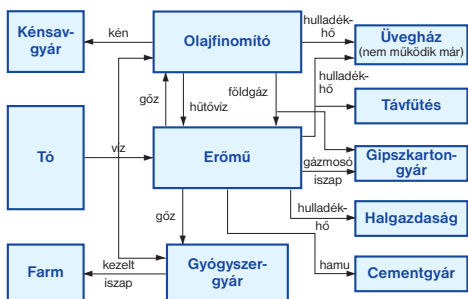
Berry Commoner New York-i biológiai professzor írta 1968-ban: a természetben nincs hulladék, mert „amit az egyik szervezet kiválaszt hulladékként, azt felveszi a másik, mint táplálék”. Az R. U. Ayrestől származó alapgondolat [17]: az élő rendszerek anyagcseréje jelenik meg az ipari rendszerekben. Ez az elképzelés vált az *ipari ökológia* központi elemévé. Az *ipari ökológia* a természetes ökoszisztémákat modellként tekintő, körfolyamatok révén zárt anyagáramot biztosító iparszervezési forma, amely független vállalatok együttműködéséből áll. A hangsúly a rendszer összteljesítményén van, így sem az egyes elemek tervezése, működése vagy funkciói, sem a részfolyamatok önmagukban való vizsgálata nem tartozik az ipari ökológia tárgykörébe, viszont együttes optimalizálásuk igen.

Az ipari ökológia, mint tudomány, számos ismert problémára választani igyekvő elmélettel együtt fejlődött, és ezek közvetlen hatást gyakorolhattak rá. Elég hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a „lineáris modell egy, a természeti környezetbe jobban integrálódó modellel, az ún. ipari ökörendszerrel kell felváltani” [18].

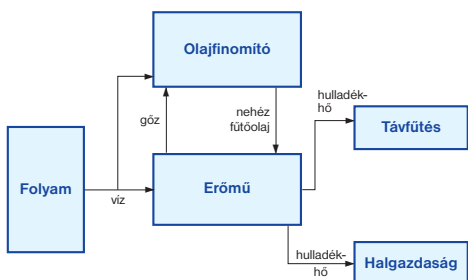
A vizsgálódások egyik célja az ipari és társadalmi metabolizmust alkotó struktúrák és folyamatok megismerése, fő tárgyat az anyagáramok képezik, ezek vizsgálatának eszköze az életciklus-elemzés. Ismeretes, hogy az életciklus-elemzés a természetes közegekből történt kitermeléstől az oda visszajuttatásig, ahogy általában mondják „a bölcsőtől a sírig” tart. Ezt kiegészítették azzal, hogy az ipari ökológiában ideális esetben nincs sír. Ez utóbbi az anyagok teljes körfolyamatú hasznosítása, a „bölcsőtől a bölcsőig” elképzelés, amelynek kidolgozása és népszerűsítése Baumgart és McDonough nevéhez fűződik. „Képzeld el egy világot, amelyben az összes dolog, amit készítünk, használunk és fogyasztunk, tápanyag a természet és az ipar számára egy olyan világban, ahol a növekedés jó, az emberi tevékenység kellemes és az ökológiai lábnyomot csökkenti” – írták, ami egyaránt nagyon hasonlít az ipari ökológia és a körforgásos gazdaság gondolataihoz.

Az ipari ökológia szolgáltatta azt az első olyan átfogó megközelítést, amely miatt elnevezték a *fenntarthatóság tudományának*.

Az ipari ökológiai rendszerek tankönyvi példája a dániai Kalundborg város ipari parkjában (3. ábra) együttműködő olajfinomító és erőmű, a hozzájuk kapcsolódó távfűtőművel, gyógyszer-gyárral, gipszkartongyárral, halgazdasággal és más kisebb létesít-



3. ábra. A kalundborgi ipari szimbiózis



4. ábra. A százhalombattai ipari szimbiózis

ményekkel az 1970–1980-as időszakban alakult ki. Magyarországon már ezt megelőzően teljesen hasonló módon működött együtt (4. ábra) Százhalombattán a Dunai Finomító és a Dunai Erőmű, és az együttműködésben halgazdaság és távfűtőmű is szerepelt. Az időbeli sorrend okán még az is felvethető kérdés, hogy ki másolt kit.

Ez a korai ipari szimbiózis felbomlott. Az okok között a technikai haladás, a környezetvédelmi szabályozás szigorodása, a kölcsönös hasznok elenyészése egyaránt szerepelt [19].

Az ipari ökológia terjedését a hulladékáramokat szabályozó szigorú jogi korlátok akadályozták, továbbá hiányoztak a gazdasági szereplők együttműködését segítő, rendkívül fontos *bizalomerosztó* eszközök. A körforgásos gazdaság annyiban tér el az ipari ökológia és a korábbi hasonló szándékú elképzelések megoldásaitól, hogy egyrészt felhívta a figyelmet az „áru helyett szolgáltatás” típusú üzleti modellre, másrészt továbblép a termelő vállalatoknál a fenntarthatóságot célzó együttműködésén, és a gazdaság valamennyi szereplőjét, tehát a *fogyasztókat* is az együttműködés részévé teszi. Ezt erősíti a „kiterjesztett termelői felelősség” elve, ami a gyártókat és a forgalmazókat gyakorlatilag hulladékká vált termékeik visszavételére kötelezi.

A körforgásos gazdaság két jól megkülönböztethető irányzata közül az egyik egy termék karbantartása, felújítása, korszerűsítése, funkciójának megőrzése révén, a másik a termékben található anyag feldolgozása, visszaforgatása révén takarít meg alapanyagot és képződő hulladékot. Mindkettőben fontos szerepet játszik az *inverz vagy fordított logisztika*, amely a felhasználótól visszaszállítja termékeit, anyagait a gyártóhoz, illetve feldolgozóhoz.

### Minták, megoldások

A Hollandiából indult *Repair Café* mozgalom – ahol alkalmi közösségek összejöveteleiken kávézgatás közben, egymást segítve ki-ki megjavíthatja elromlott hajszárítóját, régi ingaóráját. Weboldaluk ([www.facebook.com/repaircafehungary/](http://www.facebook.com/repaircafehungary/)) tanúsága szerint Budapesten is eredményesen működnek. Mint írik: „Van hova fejlődni... A jó hír, hogy elég lemásolni.” Ez a fajta, az élettartam-növelésre, javításra alapozó és egyúttal a fenntarthatóságot is segítő tevékenység, ha foglalkozásszerűen végzik, jelentős képzett, helyi munkaerőt köthet le.

A körforgásos gazdaságban nem elképzelhetetlen a fémek ötvöztetésének fordított művelete, amikor egy ötvözetet tiszta fémösszetevőkre bontanak. Létezik kémiai visszaforgatás is. Lehet a műanyagokat, vagyis a polimereket elemi molekulákká, monomerekké lebontani annak érdekében, hogy hulladék se keletkezzen, és feldolgozás után újra „új” műanyag készüljön belőlük, megtakarítva a friss nyersanyagot. Utóbbi téren Magyarországon a Pannon Egyetem és a Mol kutatói közösen nemzetközileg is figyelemre méltó eredményeket értek már el. Hasonlóan ígéretes megközelítés az, hogy a műanyag hulladék funkcionálizálása révén összeházasítható betonnal – így készül a magyar szabadalommal védett zöldbeton. Utóbbi a kísérleti fejlesztésre és az adalék gyártására szolgáló üzem megvalósítására még befektetőket keres. Előrehaladottabb stádiumban van a balatonfűzfői ipari parkban működő Pirolízis Project Kft. szintén szabadalommal védett [20] gumiabroncs-pirolizálója, amelynek teljesítménye évi 1200 tonna gumiabroncs. Outputja pedig korom, ami a festégyártás, a kozmetikai ipar és a gumiabroncsgyártás alapanyaga lehet, továbbá pirolízisolaj és pirolízisgáz.

A körforgásos gazdaság hazai terjedésének egyik gátja, hogy sem a széles közönség, sem az ipari szakemberek, sem a döntéshozók számára nem ismert vagy nem eléggé ismert a benne rejlő sok le-

hetőség és a kapcsolódó tennivaló. Ugyancsak nehezíti alkalmazását, hogy a hozzá kapcsolódó szakkifejezések kiforratlanok, a magyarra lefordított EU-eredetű joganyag következtelen szóhasználatában. Még inkább nehézséget okozhat az uniós hulladékgazdálkodási jog gyakorlati alkalmazása, a hulladék státusz megszűnésének vitatott kérdései: például hogyan lehet egy országhatárnál azt ellenőrizni, hogy egy anyag alkalmas-e újrafeldolgozásra vagy sem.

A fenntarthatóság iránti igény hazai előfutárának „A fáknak és erdőknek neveléséről és megtartásáról” szóló, *Mária Terézia* királynő által a Magyar Királyság részére 1769. december 22-én kiadott Erdőrendtartást tekintik. Ebben írták elő, hogy az erdőt – akkori szóhasználattal – *tartamosan* kell művelni. A királynő érdeme, hogy a jogszabállyal egyidejűleg külön iskolákat alapított az erdészeti ismeretek oktatására. Ennek példája nyomán lenne hasznos ma a különböző szintű iskolákban oktatni a körforgásosra tervezés ismereteit.

## Összegzés

A termelés hatékonyságának növekedése és a Föld népességének gyarapodása egyforma mértékben járult hozzá a gazdaság exponenciális növekedéséhez [21], ahhoz a jelenséghez, amit *Will Steffens* amerikai születésű ausztrál kémikus – az *antropocén* földtörténeti kor bevezetésének lelkes híve – *nagy felgyorsulásként* jellemezte. Cikkében [22] az emberiség és környezete 24 fontosnak tartott paraméterét (népesség, GDP, műtrágya-felhasználás, járművek száma, légköri CO<sub>2</sub>- és N<sub>2</sub>O-koncentráció stb.) ábrákon mutatta be, és ezek – különösen a második világháborút követő időszakra nézve – egytől egyig exponenciális jelleget mutattak.

Annak a ténynek a bemutatására, hogy *sokan vagyunk, sokat fogyasztunk és sokat hajgálunk* el, az említett fontos paraméterek mellett többféle kombinált mérőszámot is bevezettek. Egyik ilyen a Föld eltartóképességének szemléletes megjelenítésére szolgáló *ökológiai lábnyom*. Ez olyan mutatószám, amely összehasonlítja az emberiség természet iránti erőforrás- és hulladék-nyelő-kapacitásgényét azzal, amit bolygónk nyújtani képes [23]. A legutóbbi, 2016. évi adatok [24] szerint 1,69 darab, vagyis több mint másfél földgolyóra volt szüksége az emberiségnek, az akkori életvitel átlagos szintjén. Ha csak magyarok élnének a Földön, akkor pontosan 2,22 darabra. Arra, hogy hány bolygóra lesz szükség két év múlva, 2022-ben, amire az emberiség lélekszáma meghaladja a 8 milliárdot, és addigra a tehetősebb középosztály lélekszáma is több százmillióval nő, egyelőre nincsenek becslések.

Ökológiai szempontból *inváziós* nevezik azokat a fajokat, amelyek képesek tömegesen, az ökológiai egyensúlyt felborítva elterjedni [25]; gyorsan szaporodnak, változatos környezeti feltételek között életképesek és versenylőnyt élveznek az őshonos fajokkal szemben, mert az új élőhelyen még nincsenek természetes ellenségeik. E megközelítésben számos mai ember ismerhetne magára mint inváziós faj egyedére. Azt, hogy az emberiség felébred-e, nem lehet tudni. A már idézett *Herman Daly* tanítómestere, *Nicholas Georgescu-Roegen* kételyeit ekképpen fogalmazta meg [26]: „Meg fog-e hallgatni az emberiség olyan programot, amely megszokott kényelmének korlátozását eredményezné? Az emberiség sorsa talán egy rövid, de élénk, izgalmas és extravagáns élet, nem pedig egy hosszú, eseménytelen és vegetatív lét. Hagyja-e, hogy más fajok – például az amőbák –, amelyeknek nincsenek spirituális törekvéseik, örököljék a még akkor is bőséges napfényben fürdőző Földet?”

Fenntartható és a nyersanyagokat hatékonyan használó gazdálkodás kialakítására van szükség. Ennek modellje a körforgás-

os gazdaság. Tudni kell azonban, hogy ez még ígéri – és egy átmeneti időre lehetővé is teszi – a gazdaság mennyiségi és az emberiség számbeli gyarapodását. Ami ez után következhet, az a *stabil népesség* és az általános *ipari ökológiai* modell, amit a természet évmilliók alatt fenntarthatóvá fejlesztett.

## IRODALOM

- [1] Daly H. E., Townsend K. N., *Vauling the Earth: Economics, Ecology, Ethics*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993, 267.
- [2] Egri vár, [https://www.wikiwand.com/hu/Egri\\_vár](https://www.wikiwand.com/hu/Egri_vár)
- [3] Beke M. (szerk.), *A technika világa*. Athenaeum, Budapest, 1928.
- [4] Daly, H. E., *Economics in a full world*. Scientific American (2005) 293, 100–107.
- [5] Der Spiegel, 2011. nov.
- [6] <http://www.reuters.com/article/us-mining-toyota-idUSTRE57U02B20090831>
- [7] Peak metals, minerals, energy, wealth, food and population; urgent policy considerations for a sustainable society. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 2013.
- [8] Ragnarsdóttir, K. V. et al., *Long Term Sustainability of Global Supply of Natural Resources and Materials, Sustainable Development – Energy, Engineering and Technologies. Manufacturing and Environment*, 2012.
- [9] *Physics Today* (2019) 72/4, 26. <https://doi.org/10.1063/PT.3.4181>
- [10] <https://knoema.com/prujshc/copper-prices-forecast-long-term-to-2025>
- [11] <https://www.euchems.eu/wp-content/uploads/2019/05/Hungarian-Periodic-Table-Element-Scarcity.pdf>
- [12] [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics#Total\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Total_waste_generation)
- [13] Stahel, W. R., *Ipari Ökológia* (2015) 3, 55.
- [14] The Ellen MacArthur Foundation, *Towards the Circular Economy*, Vol. 1. An economic and business rationale for an accelerated transition, 2012.
- [15] COM(2019) 640 final. Brüsszel, 2019. 12. 11.
- [16] COM(2015) 614 final. Brüsszel, 2015. 12. 2.
- [17] Ayres, R. U., Kneese, A. V., *Environmental Pollution*. Washington DC: Federal Programs for the Development of Human Resources, 1968.
- [18] Szépvölgyi J., *Ipari ökológia: az ipar és a környezet kapcsolatának újragondolása*. In: *Az ipari ökológia a gazdaság és a környezet szolgálatában*. Környezettudományi Központ, Budapest, 2003.
- [19] Bezegh A. és mtsi, *Ipari szimbiózis a központi tervezésű gazdaság korában. A százalombattai eset*. *Ipari Ökológia* (2013) 2, 5–26.
- [20] Patent No. P 06 00661.
- [21] Piketty, Th., *A tőke a 21. században*. Kossuth Kiadó, Budapest, 2015, 106–107.
- [22] Steffen W, et al., *The Anthropocene: conceptual and historical perspectives*. *Phil. Trans. R. Soc. A* (2011) 369, 842–867.
- [23] Wackernagel, M., Rees, W., *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada, 1996.
- [24] <http://data.footprintnetwork.org/>
- [25] [https://www.wikiwand.com/hu/Inváziós\\_faj](https://www.wikiwand.com/hu/Inváziós_faj)
- [26] Georgescu-Roegen, N., *Energy and Economic Myths*. *Southern Economic Journal* (1975) 41/3, 379.

## ÖSSZEFOGLALÁS

BEZEGH ANDRÁS: KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG: A FENNTARTHATÓSÁG NÉLKÜLÖZHETETLEN ESZKÖZE

A gazdaság mai általános modelljét, a növekvő népesség növekvő fogyasztását kiszolgáló növekvő termelést egyre észrevehetőbb mértékben korlátozza az egyes speciális nyersanyagfajták egyre gyakrabban kialakuló hiánya és a Földet elborító hulladék mennyisége.

A *körforgásos gazdaság* új gazdasági fejlődési pályát kínál azáltal, hogy a természeti erőforrásokat hosszabb ideig használja saját céljaira, így egyidejűleg csökkenti az erőforrások iránti igényt és a hulladékok képződését.

A *körforgásos gazdaság* valójában a gazdálkodás különböző területein régóta ismert megoldások tudatosabb és szélesebb körű alkalmazását jelenti. Bemutatjuk a *körforgásos gazdasághoz* vezető kényszerítő körülményeket és a korábbi gyakorlatok mellett azokat a gondolati iskolákat, amelyek a fenntarthatóság érdekében vizsgálták a termelés anyag- és energiaáramait.

Tudni kell azonban, hogy a *körforgásos gazdaság* ígéri – és egy átmeneti időre lehetővé is teszi – a világ gazdaságának mennyiségi és az emberiség számbeli gyarapodását. Ami ez után következhet, az a *stabil népesség* és az általános *ipari ökológiai* modell, amit a természet évmilliók alatt fenntarthatóvá fejlesztett.