

# Az ipar ökológia keretei

Bezegh András<sup>1</sup>

Magyar Ipari Ökológiai Társaság

## KIVONAT

Elkerülhetetlen az áttérés a gazdaság nyílt anyagáramú rendszereiről a zárt, körfolyamatokon alapuló rendszerekre. Erre az ipari ökológia metaforája kínál megoldást. Ez az elképzelés ugyanakkor metaforikus jellegéből következően némileg homályos, és hiányzik a közös szóhasználat, a határok közös elfogadása. Cikkünkben megkíséreltük tisztázni ennek az új tudományterületnek pontos alkalmazási területét és módszereit. Nézetünk szerint ipari ökológia minden, ami az anyagi és energiaforrásoknak a fenntarthatóság tekintetében ésszerűbb felhasználásával, elsődleges mintaként a természeti ökoszisztemeket tekintve az anyagáramok körfolyamatokká alakításával vagy körfolyamatokbeli felhasználásával, illetve az energia lelépcsőzésével holisztikusan foglalkozik, annak akár műszaki, akár üzleti-szervezési vagy akár filozófiai aspektusából.

**Kulcsszavak:** ipari ökológia, ipari szimbiózis, ipari metabolizmus, ciklikus gazdálkodás

## ABSTRACT

### **Andras Bezegh: Borders of industrial ecology**

The shift from a system of open material flow to a closed cyclic flow of the economy is inevitable. Industrial ecology metaphor offers a solution to this. However, it is still a partly fuzzy idea as a consequence of its metaphoric nature and is lacking the common vocabulary and generally accepted borders. In this paper we attempted to clarify the exact subject and methods of this new scientific field. In our view IE is limited to holistic studies, design or implementation of the more rational use of material and energy resources using the primary model of circular material flow and cascade energy use of ecosystems, either from its technical, or business or philosophical aspects.

**Keywords:** industrial ecology, industrial symbiosis, industrial metabolism, cyclic economy

---

<sup>1</sup> Levelezés: andras@bezegh.hu

## BEVEZETÉS

Azt az ősidők óta kialakult, nyílt anyagárammal jellemzett termelési módot, amely a nyersanyagoknak

- a természetből kinyerése,
- terméké alakítsa és elhasználása, majd
- a hulladékként a természetbe visszajuttatása

lépésekből áll, lineáris termelésnek nevezhetjük. Ez termelési mód addig volt ésszerű, amíg csak kevés ember volt a Földön, és az elszennyezett-elhasznált területekről új területekre lehetett költözni. A történelmi időköt lassú változás jellemezte. Ez hirtelen a XX. század során változott meg, és a gyorsuló mértékben többszörözött

- az emberiség létszáma,
- az ipari és mezőgazdasági termelés volumene,
- a felhasznált nyersanyag tömege és
- a keletkezett hulladék mennyisége.

1800 és 1900 között 100 év alatt 1,5-szeresére nőtt az emberiség lélekszáma. 1900-ban mintegy 1,5 milliárd ember élt a Földön, a század végén több mint 6 milliárd, ami már 4-szeres növekedést jelez. A gazdaság a XIX. században évi 0,5-1,3% mértékben növekedett, ami mintegy 3-szoros változás, a XX. században évi 3%-t, vagyis 100 év 20-szoros volt a változás mértéke (Crafts, N. 2004) és a különböző nyersanyagok iránti igény 600-2000 % között növekedett. Eközben a természeti erőforrások, az energia, élelmiszer, víz és az olyan anyagok, mint pl. a vas ára folyamatosan csökkent. A század folyamán az emberi társadalom és a természet viszonya alapvetően változott meg. Egyre inkább nyilvánvalóvá vált, hogy a világ nyersanyagkészletének ilyen módon történő fel- és elhasználása tarthatatlan, egyaránt az ellátás biztonsága és a keletkező hulladék mennyisége okán (Meadows, D.H. et al. 1972). Fenntartható, és a nyersanyagokat hatékonyan használó gazdálkodás kialakítására van szükség.

Az ipari ökológia zárt körfolyamatként működő rendszer. Ez az elmúlt néhány évtizedben kialakult tudomány, amely a fenntartható ipari tevékenység modelljét kínálja. Lényege a természet ökoszisztémáinak utánzása, ugyanis a természetben az anyagok folytonos körfolyamatban vannak: az egyik élőlény, vagy anyagcseréjének eredménye egy másik élőlény számára táplálék, utóbbi anyagaiból pedig további élőlények nyernek energiát vagy lesznek szervezetük alkotórészei. A véglegesen lebomlott alkotórészek a napsugárzás eredményeként épülhetnek be újból élőlényekbe, hogy folytassák az anyagáram körfolyamatát. A természet ökoszisztémáinak évmilliárdok alatt kialakult mintáját követve,

---

*Dr. Bezegh András*

ideális esetben, felépíthető az ipari szervezetek olyan hálózata, amelyben valamennyi létesítmény melléktermékét vagy hulladékát a többi létesítmény nyersanyagként hasznosítja, amit ipari ökoszisztémának nevezhetünk. Természetesen a képletes vonásokra ügyelni kell: „... az analógia az ipari ökoszisztémák koncepciója és biológiai ökoszisztémák között nem tökéletes, de sokat lehet nyerni abból, ha egy ipari rendszer utánozza biológiai hasonmásának legjobb tulajdonságait. ...” (Frosch, R.A. 1990).

Az ipari ökológia a természetes ökoszisztémákat modellként tekintő, körfolyamatok révén zárt anyagáramot biztosító iparszervezési forma. Maga a kifejezés metaforaként szolgál az ipari rendszerek kialakításához, segítheti az ipart, hogy hatékonysága növelése mellett jobban közeleltsen a fenntarthatóság felé. Alkalmazása azt is hallgatólagosan magában hordozza, hogy amit újonnan, metaforikusan neveztek el, hordozza az eredetinek néhány, de nem összes vonását, vagyis inkább poétikus elem, a maga meghatározatlanságával. Ezen az alapon vannak, akik hasznosságát megkérdőjelezzik (Johansson, A. 2002), ami viszont a keretek tisztázására irányuló törekvésünk jogosságát támasztja alá.

## **AZ IPARI ÖKOLÓGIA ELNEVEZÉSÉRŐL**

A valós tartalmi kérdések előtt magát az *ipari ökológia* megnevezést érdemes vizsgálni. Az ipari ökológia kifejezés azok számára rettenetesen ellenszenves, akik szerint ami ipari, az eleve fekete és rossz, ami ökológia, az pedig rögtön szép, jó és egészséges. Mindeközben az ipari ökológia – igyekezvén tárgyát tudományosan megközelíteni – se nem jó, se nem rossz. A tudományok egyik legfőbb ismérve – szemben a 'sok mindent nem tudunk'-ra alapozó ezotériával – az objektivitás és a logika. Így a rendszerezett események, megfigyelések – térbeli és időbeli elhelyezkedéstől független – ismételhetőségére, és következményeik szabályokban rögzített módszer szerinti elemzésére, feltárására és ezek kritikai elemzésére épül. Így a jelzők közül inkább a hasznos-haszontalan pár közül kell kiválasztani a megfelelőt. Az ipari ökológia *elnevezést* természetesen lehet szeretni és nem-szeretni, bár aki ezzel mélyen foglalkozik, az nem az ipari ökológia lényegéről szól, sőt eltereli a figyelmet róla.

Az ipari ökológia valójában az ipar – pontosabban a gazdaság – ökológiája. Így az elnevezés teljesen jogos, sőt hasznos is. Az ökológia a biológiához tartozó tudományterület. Szemben a hagyományos biológiával, amely – képletesen szólva – az élőlények bőre alatti biológia, az ökológia – mert az élőlényeket nem felboncolja, hanem egymáshoz és környezetükhöz képest vizsgálja – a *bőr feletti biológia*. Ez lenne az ökológia képletes meghatározása, ami érthetőbb, mint a hivatalos, *szupraindividuális biológia* elnevezés. Az ipari ökológia így méltán viselhetné a kerítésen

*Az ipari ökológia keretei*

kívüli jelzöt, s az ipari ökológia az ipar, a gazdaság kerítésen kívüli kérdéseivel – a gazdaság egységei egymáshoz és környezetükhöz való viszonyával – foglalkozó szakterület.

Hasznos név is egyben az ipari ökológia, mert egy olyan teljesen egyedi, és mégis értelmes elnevezést ad ennek a tudományterületnek, amelyik általa meglehetősen pontosan azonosítható. Ha valaki az Internetes keresőjébe az 'ipari ökológia' szavakat írja be, jó eséllyel pontosan azt kapja meg, amit keres, és nem kap mellé túl sok felesleges találatot. Sajnos, vannak, akiket az ipari ökológia megnevezésnek e tekintetben önellentmondásos, provokatív jellege visszatart használatától.

## **AZ IPARI ÖKOLÓGIA KIALAKULÁSÁNAK ELŐZMÉNYEI**

Mínthogy az ipari ökológia újonnan jelentkezett problémákra keres tudományos igényű válaszokat, a tudományok, tudományágak között is igen fiatalnak számít. Az ipari ökológia kezdeteit a múlt század utolsó évtizedére teszik. Az előzményeket több időtávon lehet vizsgálni.

Nagyobb időhorizonton érdemes az egész XX. század fejleményeit tekinteni, a korábban már említettekén túl. A század első felét a tudományok – különösen a természettudományok – hihetetlen ütemű fejlődése jellemezte, a relativitás-elmélet, az atomok szerkezetének feltárása, a kibernetika kialakulása, egy sor betegség okának felismerése. A tudományokat ugyanolyan ütemben követte a technológia fejlődése is, az összes pozitív és negatív vonásával: az atomerőművekkel és atombombákkal, az új gyógyszerekkel és „mellékhatásaival”, a világméretűvé terebélyesedett hírközléssel. A század közepe táján a rakétákkal világűr-korszak, a számítógépekkel az informatika-kor, a hibrid vetőmagokkal a zöld forradalom vette kezdetét.

Mindenki, laikusok és szakemberek, filozok és természettudósok, írók és politikusok egyaránt hittek a tudományok mindenhatóságában, és abban, hogy a világon minden problémára van a tudománynak, a technikának megoldása. Ez a sci-fi világ, amikor a valóság kezdett elszakadni a tényektől. Írók ontották a jövő technikai fikcióinak romantikus történetekbe ágyazott „remekműveit”, és a médiavilág felfedezte saját autonómiáját.

Ezt követte a kiábrándulás időszaka. Egyes éleslátók számára már az 1950-60-as években kiderültek a várható nehézségek, amit ma fenntarthatatlanságnak nevezünk. Garret Hardinnak a Science-ben 1968-ban megjelent cikke – számos egyéb fontos mellett – a „legnagyobb jólét a legtöbb ember számára” kritikáját fogalmazza meg (Hardin, G. 1968). 1972-ben megjelent a Római Klub számára készült, már idézett tanulmány (Meadows et al. 1972) és az USA ebben az évtizedben valóban elérte

---

*Dr. Bezegh András*

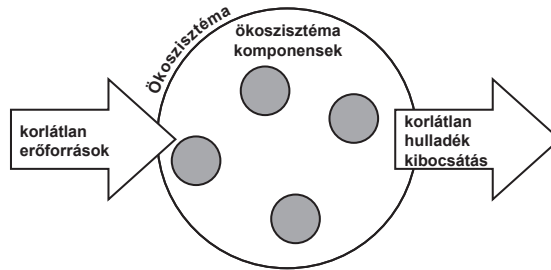
olajkitermelése csúcspontját, a „peak oil”-t, amit az ötvenes években magyarázó Hubbard-teória szerint várni lehetett. Ugyanez idő tájt született meg a „fenntartható fejlődés” gondolata, e mind a mai napig zavaros fogalom, amelyről a szakemberek körében mégis mindenkinek van valamilyen használható sejtése, és keressük, mint keresztes lovagok a szent kelyhet.

Rövidebb időtávot tekintve látható, hogy az ipari ökológia számos más ismert problémára válaszolni igyekvő elmélettel együtt fejlődött, és ezek közvetlen hatást gyakorolhattak rá. Az 1970-es évektől kezdve egyre gyakrabban jelenik meg a visszaforgatás vagy újrafeldolgozás, a „recycling”, és formálódik az életciklus elemzés (LCA) módszertana, eleinte csak „erőforrás és környezeti profil elemzés” (Resource and Environmental Profile Analysis, REPA) néven, ami teljességre törekvéssel az ipari ökológia egyik meghatározó szemléletmódját képviseli.

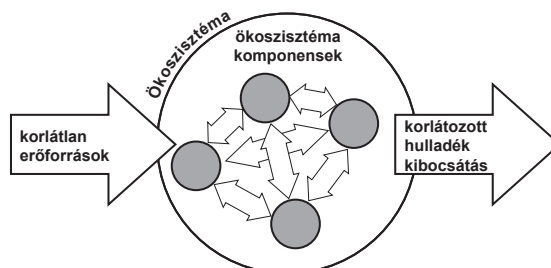
Bár az „metabolizmus” alapvetően biológiai-biokémiai szakkifejezés anyagcsere jelentéstartalommal, mégis több más tudományterületen is alkalmazták annak bemutatására, hogy a vizsgálat tárgyának van bemenő és, a bemenőtől különböző kimenő anyag, energia vagy információárama. Az „ipari metabolizmus” fogalmát évszázadokra visszamenően elemzik, mint egy hasznos eszközt a gazdaság és a társadalom működése közötti hasonlóságok, és a környezetre kifejtett hatása bemutatására (Fischer-Kowalski, M. 2003), és megállapítják, hogy az 1990-es évekre Ayres R.U. munkássága nyomán ez a gondolat újjászületett. Frosch az ipari ökológia kialakulását a biológiai-ipari metabolizmus analógia közvetlen kiterjesztéseként értékeli, „különösen megragadott Robert U. Ayres »Ipari metabolizmus« cikke, ahogy bizonyos anyagok útját és átalakulását az iparban és a társadalomban nyomon követi”. (Frosch R.A., 1992). Amiről itt szó van, az Ayres, a fizikus és Allen Kneese, a közgazdász 1969-es munkája (Ayres, R.U. 1969), amely alapján a 1990-es évektől nemzetgazdaságok anyagáram elemzését végezték. Ayres így alapozta meg az ipari ökológia tudományában nem csak az anyagáram-elemzést, hanem valójában magát a biológiai-ipari metaforát is.

Az ipari ökológia világra jöttként mégis azt a szimpóziumot lehet megnevezni, amelyet Washington D.C.-ben, 1991-ben C.K.N. Patel szervezett meg, és címe „Ipari ökológia” volt. Itt számos, ma már klaszszikusnak számító – itt is idézett – előadás hangzott el, ezek nyomtatásban 1992 februárjában a Proc. Nat. Acad. Sci. USA folyóiratban hirdetésként jelentek meg.

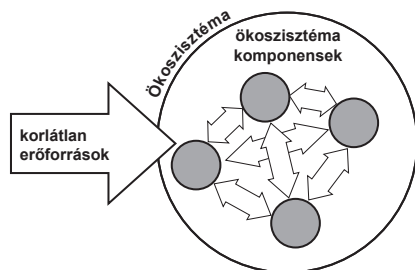
Ugyancsak ez alkalommal mutatta be Jelinski, miért lett a biológiai ökoszisztéma az ipari ökológiának mintája, mint a fenntartható gazdaság működésére kínált legjobb megoldás.



I. típusú ökológiai rendszer — lineáris anyagáram



II. típusú ökológiai rendszer — kvázi ciklikus anyagáram



III. típusú ökológiai rendszer — ciklikus anyagáram

1. ábra. Az ökológiai rendszerek típusai (Jelinski et al. 1992 alapján)

A biológiai ökoszisztemeket erőforrás-áramaik alapján három típusba sorolja (1. ábra) az input (táplálék), az output (hulladék), illetve a rendszert alkotó elemek közötti kapcsolat jellege szerint. Az I. típust egyrészt az input erőforrások bősége, másrészt a rendszerbeli, egymástól teljesen független élőlények kis száma, harmadrészt korlátlan volta jellemzi. Ez az állapot és működésmód az egyedek oldaláról lineárnak tekinthető, mivel az anyag áramlása az egyik fázisból a másikba

független a többi anyagáramtól. Ahogy írják, ilyen lehetett a földi élet kialakulásának kezdetén. Ezzel szemben a II. típusban az input és az output is korlátozott. Ennek eredményeként a rendszeralkotó egyedek, az élet különböző formái között szoros kapcsolat jön létre, ami életközösségnek nevezünk. Az anyagáram intenzitása a rendszerhatárokon nem, de az életközösségen belül jelentős. Ilyen rendszer sem működhet a végtelenségig, mivel az erőforrásokból valamikor kifogy. Csakis a teljesen körfolyamatok alapján működő rendszer, a III. típusú, amelyik fenntartható, amelyben az erőforrás és hulladék meghatározhatatlan, mivel az egyik elem hulladéka a másik számára erőforrás. Egyedül a napsugárzásból származó energia, ami szükséges a körfolyamat fenntartásához. A III. típus csak rendkívül hosszú idő alatt alakulhat ki.

## DEFINÍCIÓK

Mint frissen formálódó-alakuló tudományt más tudományok több különböző nézőpontból közelítették meg. Számos hasznos definíció született, amelyek mind egy-egy fontos vonást emeltek ki. (Frosch, R.A. 1992).

Az egyik legkorábbi bővebb definíció 1990 februárjában R.A. Frosch, és N. Gallopoulos szerzőpáros Londonban a Royal Society termeiben megtartott előadásán hangzott el (Frosch, R.A. 1990): „... a biológiai ökoszisztemekben bizonyos szervezetek növekedésükhöz napfényt, vizet és ásványi anyagokat használnak, míg mások az előbbieket fogyasztják, élve vagy elpusztultan, az ásványi anyagokkal és gázokkal együtt, miközben saját hulladékaikat termelik. Ezek a hulladékok viszont táplálékul szolgálnak más szervezetek számára, amelyek közül néhány a hulladékot ásványi anyagokká átalakítja, az elsődleges termelők által használhatóan, és néhányan egymást fogyasztják el a folyamatok összetett hálózatában, amelyben minden előállított anyagot néhány szervezet felhasznál saját anyagcseréjéhez. Hasonlóképpen, az ipari ökoszisztemekben minden egyes folyamatot és a folyamatok hálózatát úgy kell tekinteni, mint az összefüggő és egymáshoz kapcsolódó részei egy nagyobb egésznek.”

Seager T.P. (2002) szerint „az ipari ökológia, mint egy vizsgálódási területként vagy tudományágként definiálható, amely az emberi ipari rendszerek és azok környezetének kölcsönös összefüggéseivel foglalkozik. Hasonlóképpen kell meghatározni az ipari metabolizmust, mint a gazdaság tömeg és energia (exergia) áramainak és átalakulásainak folyamata. Végül, az ipari ökoszisztémát úgy kell értelmezni, mint a vállalatok közösségének vagy rendszerének olyan modellje, amely természetbeli hasonmásán alapszik.”



Szép-völgyi, J. (2004) szerint az ipari ökológia célja minimális az anyag- és energiafelhasználás mellett biztosítani az elfogadható emberi életminőséget, miközben az emberi tevékenység környezeti hatásának a természeti környezet fenntarthatóságát biztosító szintre történő korlátozásával, a rendszerek gazdasági életképességének megőrzésével dinamikus, rendszeralapú keretet nyújt a fenntartható emberi tevékenység számára.

## KÜLFÖLDI SZAKFOLYÓIRATOK

Fontos útmutatásként szolgál a keretek vizsgálata során az, hogy mások mit tekintenek ipari ökológia tárgykörébe tartozónak. Az első és természetesen ezáltal régebbi műltra visszatekintő szakfolyóirat, a *Journal of Industrial Ecology* által megnevezett sajátos területek listája az első, az európai szaklap, a *Progress in Industrial Ecology* listája a második szövegdobozban szerepel. Az eleinte a MIT és a Yale Egyetem közös gondozásában megjelenő *Journal of Industrial Ecology* az ipari ökológia legklasszikusabb területeit nevezi meg.

### **Journal of Industrial Ecology**

- anyag- és energia-áramlások vizsgálata, "ipari metabolizmus";
- a dematerializáció és dekarbonizáció;
- a technológiai változások hatása a környezetre;
- életciklus tervezés, felmérés és kezelés;
- tervezés a környezetért (= DfE, "öko-design");
- a kiterjesztett gyártói felelősség;
- öko-ipari parkok ("ipari szimbiózis");
- termék-orientált környezeti politika,
- öko-hatékonyság.



### **Progress in Industrial Ecology**

- Anyag / energia / anyag-áram elemzés, üzleti stratégia;
- Ipari metabolizmus, élelciklus-elemzés/kezelés;
- Eco-ipari parkok, ipari szimbiózis, ipari ökoszisztémák;
- Környezeti / integrált ellátási / érték-lánc menedzsment;
- Környezeti érdekeltek / hálózat irányítása, a fenntartható fejlődés;
- Szervezetközi, regionális és helyi KIR;
- KKV-k környezeti auditálása / jelentéstétele, a döntéshozatal elemzése;
- CSR, kiterjesztett gyártói felelősség, tisztább termelés;
- Jogszabályok, a kormányzati, a környezetvédelmi politikai eszközök;
- Piaci / gazdasági alapú környezetvédelmi eszközöket, önkéntes eszközök;
- A gazdasági / ipari és a természetes ökológiai rendszerek összehasonlítása;
- Az ipari ökoszisztéma metafora / analógia, a strukturális / szervezeti tulajdonságok;
- Biomimikri, anyagcsere természetes ökoszisztémákban / ipari rendszerekben;
- Föld-rendszer / táj ökológia, föld rendszertervezés, ökológiai közgazdaságtan;
- A tudomány és etika filozófiája az ipari ökológia tudományos területén;

Meg kell említeni a Journal of Cleaner Production szakfolyóiratot is, amely számos tárgyunkat érintő cikket publikált anélkül, hogy pontosan részleteznék milyeneket. Célkitűzési között csak azt említi, hogy foglalkozik „az ipari ökológia és a fenntartható regionális fejlesztés előrehaladásával”.

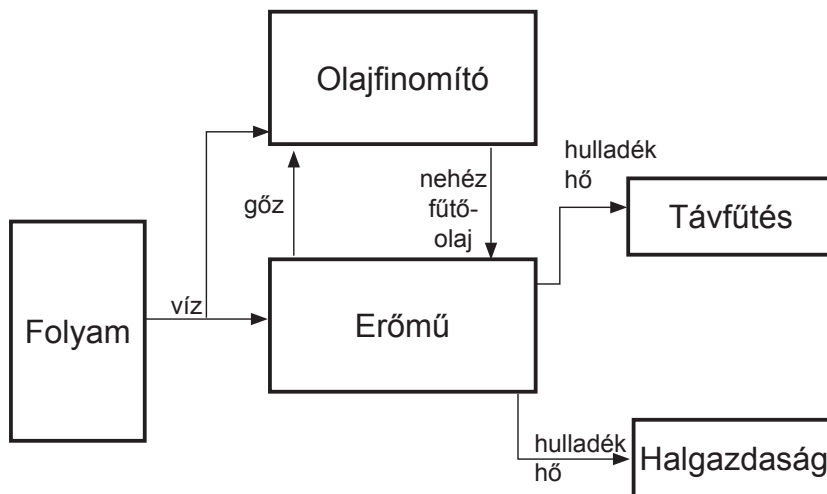
### **SZIMBIÓZIS AZ IPARBAN**

Szimbiózis két vagy több faj kölcsönösen előnyös együttélése. Amikor kihasználva a földrajzi közelség kínálatát lehetőséget, vállalatközi együttműködés keretében hulladékot, beleértve a hulladékot is, illetve másodnyersanyagot közvetlen hasznosítanak, az ipari ökológia sajátos és fontos válfajáról, az ipari szimbiózisról van szó. Nem csak vállalatpárok működhetnek együtt kölcsönösen előnyös módon. Az erőforrás-gazdálkodásnak ez a speciális módja összetett hálózat formájában több ipari helyszínen jelen van, néha fel sem ismert kapcsolatokon keresztül (Chertow M.R. 2007). Többek véleménye szerint az ipari szimbiózis az egyik leglényegesebb tényező ipari területek fenntarthatóbbá tételében,

*Az ipari ökológia keretei*

mivel hajtóerejük a kölcsönös előnyökön alapszik. Valószínűsíthető, hogy a spontán kialakuló vállalatközi anyag- és energia-kapcsolatok, esetleg egyéb típusú együttműködés, pl. a dolgozók képzésében, hosszabb távon eredményesebbek, mint a tervezett megoldások. (Korhonen J. 2002; Desrochers, P. 2004). Magyarországon az 1960-as évek központosított tervezésű gazdaságában alakultak ki olyan ipari szimbiózisok, amelyeket ma ipari ökoparkoknak neveznénk, akkori elnevezésük kombinát volt. Például ilyen volt Százhalom-battán az olajfinomító és az erőmű szoros együttműködése (2. ábra). Azóta a technológiai fejlődés következtében lényegében megszűnt a szimbiózis, az olaj finomítása sokkal nagyobb anyagkihasználással valósul meg ma, mint régen, így a finomítónak már nem marad meg olyan nehézzolaja, amit az erőműnek átadhatna. Kazincbarcikán, Tiszaújvárosban és Balatonfüzfőn szintén építettek ipari létesítményeket, amelyek tervszerűen együttműködtek. Dorogon a 80-as években alakult ki a hulladékégető-mű és a fűtőerőmű ipari szimbiózisa (Bezegh, A. 2006).

Általában az ipari ökorendszereket statikus és struktúrájukban változatlan képződményekként mutatják be. Ugyanakkor az ipari ökorendszerek, a szimbiózis ipari egyedei is változnak, nemkülönben a környezet, a körülmények, amelyekben a működnek. Lényeges az ipari ökorendszerek dinamikája: hogyan alakulnak ki, hogyan változnak, hogyan szűnnek meg és születnek esetleg újjá. A befolyásoló tényezőket eddig kevésbé vizsgálták, holott igazi multidiszciplináris feladat: műszaki, gazdasági és emberi tényezők egyaránt számításba jöhetnek.

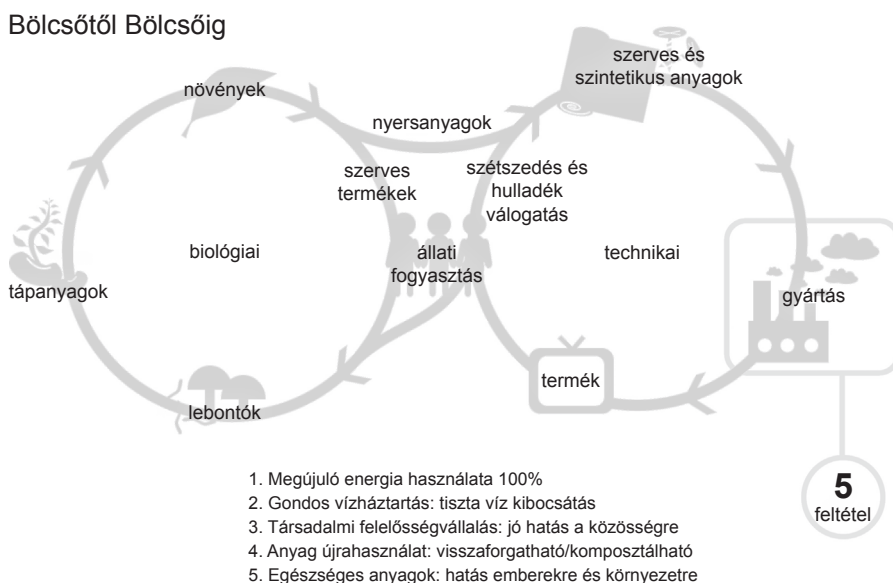


2. ábra. A százhalombattai ipari ökorendszer

## SZEMLÉLET

Mivel az ipari ökológia alapvetően törekszik az ipari és társadalmi metabolizmust alkotó struktúrák és folyamatok megismerésére, vizsgálódásainak egyik fő tárgyát az anyagáramok képezik, az anyagáramok sorsa vizsgálatának eszköze az életciklus elemzés (LCA). Ez a módszer kiemelkedően fontos szerepet játszik az ipari ökológiában. Ismeretes, hogy az életciklus elemzés a természetes közegből történt kitermelésétől az oda visszajuttatásáig, ahogy általában mondják „a bölcsőtől a sírig” tart. Ehhez teszi hozzá Patel (Patel, C.K.N. 1992) azt, hogy az ipari ökológiában, ideális esetben nincs sír. Ez utóbbi az anyagok teljes körfolyamatú hasznosítása, a „bölcsőtől a bölcsői” elképzelés, amelynek kidolgozása és népszerűsítése Baumgart, M. nevéhez fűződik (McDonough, W. – Braungart, M. 2002, magyarul 2007). „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 helyreállító ökológiai lábnyomot hoz létre.” - írják, ami nagyon hasonlít az ipari ökológia gondolataihoz.

A klasszikus életciklus elemzés párhuzamosan fejlődött az ipari ökológia elméletével, és számos hasonló elemző eszközhöz vezetett. Az anyag megjelenési formái és különböző megmaradó jellemzői alapján megkülönböztethető a szubsztancia-áram elemzés (SFA) (pl. alumínium, cink), az anyagáram elemzés (MFA) (pl. műanyag, üveg) és a termékáram elemzés (PFA) (pl. italos palack, akkumulátor stb.), ahol megmarad rendre az atomi, molekuláris és az anyagi struktúra. Ezek ma mind lényeges elemei az ipari ökológián belül a környezettudatos terméktervezésnek (DfE), vagy a zöld kémiának („green chemistry”) vagy az ún. fizikai input-output (PIOT) táblázatok elemzésnek.



3. ábra. A biológiai és technikai körfolyamatok kapcsolódása (Wikipedia: cradle-to-cradle\_design után)

## BIOMIMIKRI

Érdekes, hogy a természet utánzása technikai területeken sok-sok évszázadra nyúlik vissza. Valóban eredményesen a XX. században másolták le az élőlények sokszor meghökkentő megoldásait. Így született a delfinbőr-utánzattal bevont hajótest, a tépőzár, vagy a számítástechnikában az élővilág evolúciós mintáját követő evolúciós optimalizálási algoritmus. Kezdetben, az 1950-es évektől kezdve ezt az irányzatot *bionikának* nevezték, 30 évvel később, elsősorban Janine M. Benyus amerikai feltaláló-író munkássága eredményeként *biomimikri*nek. Sokan az ipari ökológia tárgykörébe tartozónak tekintik a természet effajta másolását, számos kiemelkedő és érdekes újítást eredményezett. Mégis, előbb-utóbb valószínűleg kívül fog rekedni éppen a holisztikus szemlélet hiányában.

Dr. Bezegh András

## ÖSSZEZÉS

Rendszerszemlélet vagy holisztikus látásmód az ipari ökológiában azt jelenti, hogy maga a rendszer a gazdaság szereplőiből, folyamataiból, mint elemekből kialakított egység, amit az erőforrás használat terén nyert kölcsönös előnyök esetében lehet ipari szimbiózisnak nevezni. Az elemek egyenként fekete dobozok, és nem is elemezzük, analizáljuk őket. A rendszer összteljesítményén van a hangsúly, 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. Ennek eredményeként előfordulhat, sőt, valószínű, hogy egy önálló termelő egység ipari ökológiai optimumát nem a minimális mennyiségű hulladék keletkezése, hanem a nagyobb mennyiségű, de hasznosítható hulladék fogja jellemezni.

Az ipari ökológia lényege, hogy koncepcióit nem utólag, hanem a tervezési döntések fázisában kell alkalmazni. Ezért a hulladékgazdálkodás nem tárgya az ipari ökológiának, miközben az ipari ökológia alkalmazása teheti a legtöbbet hulladékok elkerülése vagy minimalizálása terén.

Ipari ökológia mindaz, ami az anyagi és energiaforrásoknak a fenntarthatóság tekintetében ésszerűbb felhasználásával, elsődleges mintaként a természeti ökoszisztemeket tekintve az anyagáramok körfolyamatokká alakításával vagy körfolyamatokbeli felhasználásával, illetve az energia lelépcsőzésével holisztikusan foglalkozik, annak akár műszaki, akár üzleti-szervezési vagy akár filozófiai aspektusából. Nem a fenyegetettség kapcsán megfogalmazott tiltások és veszélyek folytonos hangoztatása, hanem a természet által kínált, már létező megoldás alkalmazhatóságának vizsgálata által mutat iránymutatást az ipari ökológia a fenntarthatóság felé vezető – kétség kívül – hosszú úton. Az is nyilvánvaló, hogy természet, az élővilág, mint minta, az egyetlen tartósan kialakult, vagyis fenntarthatóan létező megoldás, amelynek mechanizmusaiba a hosszantartó fennmaradás programja beépült. „Az élővilágot az alkalmazkodás során létrejövő struktúrák és funkciók jellemzik, a szervetlen világban nem fordul elő semmi ehhez fogható. Ez az oka annak, hogy a természetkutató kénytelen feltenni azt a fizikusok vagy kémikusok számára idegen kérdést, hogy »mi végre?«, – írja Lorenz (Lorenz, K. 1973), és adja meg a választ: a fajfenntartás ösztöne. Az ipari ökológia is az emberi faj fennmaradására tett egyik kísérlet lehet.

**FELHASZNÁLT IRODALOM**

- Ayres, Robert U. – Kneese, Allen V. 1969.  
*Production, Consumption and Externalities*. American Economic Review 59(3):282-297.
- Bezegh, A. 2006.  
*Az ötéves tervek és az ipari ökológia*. In: *Környezeti nézőpontok*, Aula Kiadó, Budapest.
- Chertow M.R. 2007. “  
*Uncovering*” industrial symbiosis. Journal of Industrial Ecology, 11:11-30.
- Crafts, N. 2004.  
*Globalization and Economic Growth: A Historical Perspective*, The World Economy, Vol. 27, No. 1, pp. 45-58.
- Desrochers, P. 2004.  
*Industrial symbiosis: the case for market coordination*. Journal of Cleaner Production 2004, 12:1099-110.
- Fischer-Kowalski, M. 2003.  
*On the History of Industrial Metabolism In: Perspectives on Industrial Ecology*, Ed. by D. Bourg, S. Erkman, Greenleaf Publishing.
- Frosch, R.A. 1990.  
*Gallopoulos, N.*: Royal Society, London, February 21.
- Frosch R.A. 1992.  
*Industrial ecology: a philosophical introduction*. Proc. Natl. Acad. Sci. 89(3):800-3.
- Hardin, G. 1968.  
*The Tragedy of the Commons*, Science, 162(1968):1243-1248.
- Jelinski, L. W.- T. E. Graedel - R. A. Laudise - D. W. McCall - C. K. N. Patel. 1992.  
*Industrial ecology: Concepts and approaches* in Proceedings National Academic Science Foundation. USA . p. 793-797
- Johansson, A. 2002.  
*Industrial ecology and industrial metabolism: use and misuse of metaphors*, in *A Handbook of Industrial Ecology*, Edward Elgar.
- Lorenz, K. 1973.  
*A civilizált emberiség nyolc halálos bűne*, IKVA, Budapest, p.12.

- Korhonen, J. 2002.  
*Two paths to industrial ecology: applying the product-based and geographical approaches.* Journal of Environmental Planning and Management. 45:39–57.
- McDonough, W. – Braungart, M. 2007.  
*Bölcsőtől bölcsőig*, HVG Kiadói Rt.
- Meadows, D.H. – Meadows, D.L. – Randers, J. – Behrens III., W.W. (1972).  
*The Limits to Growth: a Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind.* New York, Universe Books. Patel, C. K. N. (1992) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89,798-799.
- Seager, T.P. (2002) - Theis, T.L:  
*A uniform definition and quantitative basis for industrial ecology,* Journal of Cleaner Production 10 225-235.
- Szépvolgyi, J. 2004.  
*Ipari ökológia és hulladékfeldolgozás, Proceedings of the International Industrial Ecology Conference of the Visegrad Countries.* Környezettudományi Központ, Budapest.



---

*Dr. Bezegh András*