

Horváth Ágnes – Bereczk Ádám

Az ipari szimbiózis szerepe a fenntartható erőforrásgazdálkodásban

A fenntartható erőforrás gazdálkodás és a környezeti fenntarthatóság a modernkori vállalati erőforrás gazdálkodás kulcsfontosságú területe. A vállalkozások jelentős része épít stratégiájába ambiciózus erőforrás-optimalizálási célokat, összhangban a vállalati hatékonyság fokozásának és a természeti környezet megőrzésének igényével. Cikkünkben azt vizsgáltuk, hogy a megcélzott erőforrás optimalizálás sikere nem csak az adott vállalaton belüli körforgásból eredeztethető, hanem az ipari szimbiózis révén megvalósuló körforgás megteremtésének is függvénye. Az iparágak szimbiózisával jelentős gazdasági és környezeti hasznok érhetők el, melyek a szerveződések hajtóerőit jelentik. A kapcsolatok fejlesztésére fejlett elméleti módszertani keretek állnak rendelkezésre, ugyanakkor mikro-, mezo- és makroszinten is számos akadály azonosítható.

Kulcsszavak: ipari szimbiózis, körforgásos gazdaság, elektronikai ipar, fenntartható erőforrásgazdálkodás

JEL kódok: M21, L52, L63

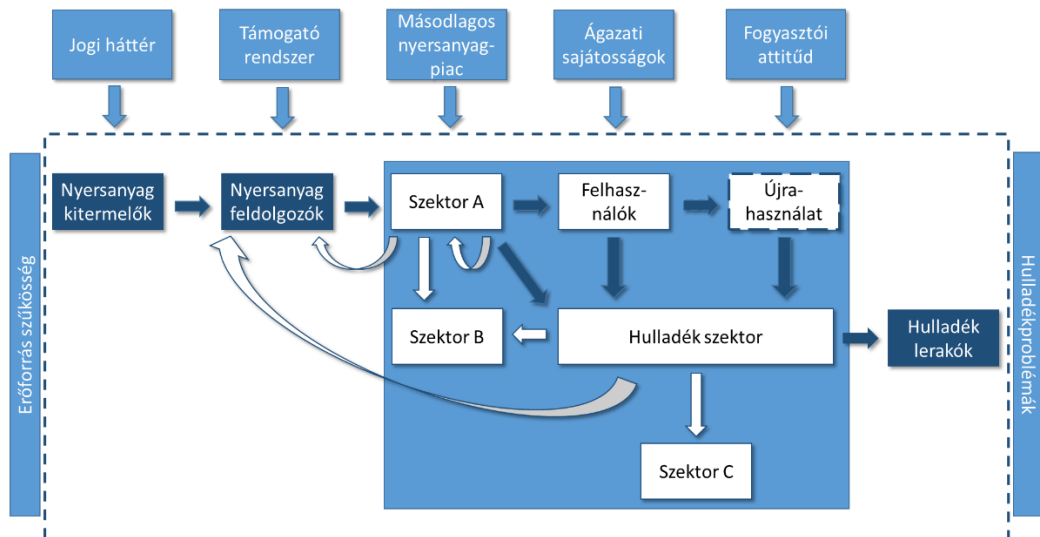
<https://doi.org/10.32976/stratfuz.2019.10>

1. A körforgásos gazdaság, mint az erőforrás szükségesség és a hulladékproblémák egyidejű kezelésének eszköze

Az elmúlt évtizedben az iparági értékláncok mentén egyre hangsúlyosabban jelent meg egyik oldalon az erőforrásszükségesség, másik oldalon a nagy mennyiségű hulladék kezelésének problémája. A nyersanyag és energiapiacra számos kihívással szembesülnek az EU iparágai. A globális nyersanyagtermelésben Ázsia (Kína), Észak-Amerika, Latin-Amerika, Óceánia növekedése jellemző, az EU részaránya folyamatosan csökken. (European Commission 2018a) Mind a globális nyersanyagtermelést, mind az EU ellátási mixét tekintve magas a földrajzi koncentráció, az EU nyersanyag-importfüggősége meglehetősen magas. Ezt súlyosbítják a gazdasági partnerek által számos esetben alkalmazott kedvezőtlen kereskedelem politikai intézkedések (exportvámok, kereskedelmi megállapodások, export tilalmak), valamint a bonyolult jogszabályi háttér a bányászati tevékenységre vonatkozóan. Mindez a nyersanyag-árak emelkedését és magas volatilitását vonja maga után. Ezzel párhuzamosan a jelenlegi termelési és fogyasztási minták eredményeként szembe kell néznünk a jelentős mennyiségű ipari és háztartási hulladék keletkezésének problémájával, mely rendkívüli környezeti károkat okoz. Az OECD adatai szerint a magyarországi vállalatok 2016-ban közel 16 millió tonna hulladékot termeltek, Németország vállalatai pedig hozzávetőleg 400 millió tonnát (hazánkban csökkenő, az EU legnagyobb gazdaságában növekvő trendet mértek). Ezen felül a magyar háztartások 3,7 millió tonna hulladékot termeltek, az Európai Unió lakosai pedig összesen 28 millió tonnát és a szám évről évre nő. (OECD adatbázis, 2020 január) Az említett problémák súlyosbodása révén az EU stratégiai dokumentumaiban olyan kulcsterületek kaptak kiemelt figyelmet az elmúlt időszakban, mint a nyersanyagokhoz való hatékony és biztonságos hozzáférés, a fenntartható nyersanyag-ellátás, az erőforráshatékonyság – újrahasznosítás – körforgásos gazdaság – másodlagos nyersanyagpiac, kritikus nyersanyagok, helyettesíthetőség, nyersanyag-diplomácia, hulladék piramis, energiahatékonyság, klímavédelem. A meghatározó irányelvek és kezdeményezések nagy száma okán azok pontos nevesítésétől eltekintünk.

A fenntartható erőforrásgazdálkodás és a környezeti fenntarthatóság elveinek való megfelelés új megoldásokat, üzleti modelleket, új szemléletet kíván mind a vállalati szektortól, mind a fogyasztóktól. Ez az újfajta megközelítés egyre inkább a körforgásos gazdaság koncepciójában ölt testet, ami egyszerre jelenthet megoldást az erőforrás szükségesség és a hulladék kezelés problémájára. Ezen megközelítés célja, hogy a termelési folyamat során kevesebb energiát és anyagot használjanak fel, valamint az anyagok mind nagyobb arányú visszaforgatása,

újrahasznosítása révén minél kevesebb anyag vesszen el és kerüljön a hulladéklerakóba. A körforgásos elvek előnyei mikroszinten is realizálhatók, többek között a gyártás során keletkező melléktermékek és hulladékok hasznosításának és értékesítésének gazdasági hasznai szerint. A körforgás megvalósulásának egy fontos tényezője az iparágak összekapcsolódása, azaz az ipari szimbiózisban rejlő lehetőségek felismerése és kiaknázása. Az lenti ábra (1. ábra) a körforgásos gazdaság koncepcióját mutatja be, az ipari szimbiózis hálózatok tipikus elemeinek és kapcsolatainak hangsúlyozásával, illetve a főbb befolyásoló tényezők megjelölésével.



1. ábra: A körforgásos szemlélet és az ipari szimbiózis lehetőségek megjelenése egy értékláncban

Forrás: saját szerkesztés

Az 1. ábra egy értéklánc általános megközelítéséből indul ki, ahol a nyersanyag termelő és nyersanyag feldolgozó ágazatok után az „A” szektor végfogyasztásra szánt terméket állít elő a végfogyasztók számára. Bizonyos termékek esetében a termék újrahasználat formájában új gazdára talál, majd hulladék formájában a hulladék kezelő szektorba, vagy a hulladéklerakóba kerül. Az értéklánc elején szemléltettük az erőforrás szűkösség, az értéklánc végén pedig a hulladék keletkezés problémáját. Az ábrán sötét nyilak jelzik az anyagáramlás alapvető irányát a nyersanyag kitermelő szektortól a hulladék lerakók irányába, a jelenleg uralkodó lineáris üzleti modell értelmében. Az ábrán szemléltetjük a körforgásos gazdaság lehetséges megjelenését. A körforgást megtestesítő áramlási irányokat világos nyilak jelzik. Az ipari szimbiózis szempontjából legjelentősebb érintettekét világos háttérrel emeltük ki. Az anyagok újrahasznosítása elképzelhető adott szektoron belül (akár vállalaton/létesítményen belül) és különböző iparágak együttműködése révén egyaránt. Kiemeltük az ábrán a hulladékszektor szerepét is a körforgás megvalósításának elősegítésében, mivel a hulladékok begyűjtése, kezelése, ártalmatlanítása, esetleges feldolgozása révén hozzájárul ahhoz, hogy a hulladékokból értékesíthető másodlagos nyersanyagok keletkezzenek. Végző esetben a hulladékok energetikai hasznosítása is csökkenti a hulladéklerakóba szállított anyagok mennyiségét. A hulladék szektor funkcióinak bővítése, szerepének kiterjesztése tehát szükséges feltétele az anyagok körforgása biztosításának és a hálózatok értékteremtésének (Aid et al. 2017).

A körforgásos gazdaság elméletben megfogalmazott koncepciójának a gyakorlati megvalósítása lényegesen bonyolultabb. A sikeréhez nagyban hozzájárul a megfelelő jogszabályi háttér, illetve támogatói rendszer megléte. Elsődlegesen azonban az ágazati sajátosságok, a keletkező melléktermékek és hulladékok típusa, az újrahasznosítás lehetőségei és gazdasági életképessége,

a másodlagos nyersanyag piac helyzete, a vállalatok közötti távolság, valamint a vállalati és fogyasztói attitűdök befolyásolják a körforgásos szemlélet megvalósulásának sikerét. Mint láthattuk, a körforgásos gazdaság kiépülésében kiemelkedő szerepe van az iparágak közötti együttműködési lehetőségeknek, ezért a cikk további részében hangsúlyosabban az ipari szimbiózis koncepciójával foglalkozunk.

2. Az ipari szimbiózis koncepciója

Ipari szimbiózis esetén (leginkább) különböző ágazatokban működő vállalkozások olyan együttműködéséről van szó, melyek erőforrás beszerzési igényeik és hulladékkezelésük összekapcsolásával kölcsönös előnyöket keresnek a környezeti fenntarthatóság szempontjainak figyelembevétele mellett. Az Európai Bizottság Lombardi és Laybourn, 2012-es munkájára hivatkozva úgy definiálja a jelenséget, hogy „Az ipari szimbiózis egy olyan rendszerszemléletű megközelítés, mely egy fenntarthatóbb és integrált ipari rendszer létrehozását célozza, mely felismeri az üzleti lehetőségeket a kevésbé kihasznált erőforrásokban (mint az anyagok, az energia, a víz, a termelési kapacitások, és az eszközök, stb.)”. (Európai Bizottság 2018/b, 9. oldal) A ipari szimbiózis lehetőséget nyújt arra, hogy különböző szektorok vállalatai együttműködjenek kölcsönösen előnyös kapcsolatok mentén. Az együttműködések alapvetően a hulladékok és melléktermékek újrahasonosítására vonatkoznak. Ideális esetben az új kapcsolatok hozzájárulnak a vásárló fél erőforrásigényének fenntartható kielégítéséhez, miközben hozzásegítik az értékesítő vállalkozásokat, hogy megfelelő értéken ismertessék el folyamataik melléktermékeit (és/vagy hulladékait). Az Európai Bizottság csoportosítása szerint a kialakulás jellegét tekintve kétféle együttműködés képzelhető el:

1. *ön szerveződő együttműködés*, mely felülről lefelé irányuló koordináció nélkül jön létre és
 2. *irányított hálózat*, mely egy külső szereplő koordinációs tevékenysége nyomán szerveződik.
- Az irányított hálózatoknak szintén két altípusa létezik:
- a) *elősegített hálózat*, mely már létező vállalatok figyelemfelkeltését és az együttműködések elősegítését célozza;
 - b) *tervezett hálózat*, ahol a hálózat egy központi terv vagy vízió alapján valósul meg és gyakran közös infrastruktúra- és szolgáltatáshasználatot is jelent (pl. öko-parkok). (Európai Bizottság 2018/b; Baas 2011)

Az együttműködés jellegét tekintve léteznek továbbá:

- *ipari szimbiózis szinergiák*, melyek lényege egy olyan vállalkozások közötti megállapodás, melyben egy vállalat melléktermékét/hulladékát egy másik vállalat inputként használja fel termelési folyamataihoz, illetve
- *ipari szimbiózis hálózatok*, melyek az előbbinél bonyolultabb ágazatközi kapcsolatok mentén szerveződnek a hulladék és melléktermékek kölcsönösen előnyös áramoltatása jegyében.

Jóllehet az együttműködések magukban foglalhatnak jelentős tudás- és technológiatranszfereket is, ebben a tanulmányban az Európai Bizottság megközelítését alkalmazva ipari szimbiózis hálózatoknak azon hálózatokat tekintjük, melyek középpontjában a fizikai anyagáramlások, illetve energia transzfer állnak. Másik oldalról fontos hangsúlyozni, hogy az ipari szimbiózis rendszerek az egyszerű hulladékmenedzsment témakörtől lényegesen szélesebb összefüggéseket ölelnek fel, ahol az egyik fő cél az anyagoknak minél tovább tartó áramoltatása az ipari rendszerekben, mielőtt hulladékként a természetet terhelnék.

3. Az ipari szimbiózisok kialakulását támogató és akadályozó tényezők

A továbbiakban áttekintjük a szimbiózis hálózatok hajtóerőit és korlátait. A hajtóerők ismertetését a Domenech et al., 2019 tanulmányában szereplő felsorolás szerint ismertetjük. A szerzők a szimbiózis hálózatok facilitátorai körében végzett kérdőíves felmérésük, szakértőkkel

végzett mélyinterjúik és fókuszcsoportos vizsgálataik alapján nyerték eredményeiket. A hajtóerők sorrendje azok jelentőségének megfelelően kerül bemutatásra. (1. táblázat)

1. táblázat Az ipari szimbiózis hálózatok vállalati hajtóerői

1.	Erőforrásmegtakarításon keresztül elérhető költségcsökkentések
2.	A vállalati hulladéktermelés csökkentése
3.	Pótlólagos bevétel-szerzési lehetőségek
4.	Jövedelmezőség növelése
5.	Vállalatközi együttműködések erősítése
6.	A vállalati környezetvédelmi célok teljesülésének elősegítése
7.	Fenntarthatóbb üzleti modell
8.	A hulladéklerakók használatának kiváltása
9.	Innováció megjelenése a vállalatban
10.	Új ügyfelek szerzése
11.	Az inputok minőségének és biztonságának növekedése
12.	A vállalati társadalmi felelősségvállalási célok megvalósítása
13.	Munkahelyteremtés

Forrás: Domenech et al. 2019

Megállapítható, hogy a szimbiózisok kialakulásának jelentős motivációját adják a vállalatok gazdasági érdekei, az öt legjelentősebb vállalati hajtóerő közül három közvetlenül pénzben mérhető előnyök szerzésére vonatkozott. Jelentős hajtóerőt jelent továbbá a hulladéktermelés csökkentésének lehetősége, illetve fontos értéknek tartják a vállalatok a szimbiózisok révén megerősödő vállalatközi együttműködések is.

Az akadályok számbavételéhez három forrásra támaszkodtunk: Aid és szerzőtársainak 2017-es, Domenech és szerzőtársainak 2019-es tanulmányaira, valamint az Európai Bizottság 2018-os (European Commission 2018/b) jelentésére. A feldolgozott munkákban szereplő tényezőket azok jellege alapján újra csoportokba rendeztük. A tényezők elemzésekor arra a következtetésre jutottunk, hogy az együttműködés akadályai meglehetősen eltérő jellegűek. Tartalmaznak olyan elemeket, melyek a vállalkozások számára adottságként jelennek meg (illetve megváltoztatásuk bonyolult és/vagy költséges), mint a szabályozási jellemzők, vagy a másodlagos nyersanyagok piaci viszonyai. A technológiai adottságok jelentette korlátok szintén nem tekinthetők rugalmas feltételeknek, tekintve az elérhető technológiák adta lehetőségeket, a változtatások tökeigényét és a vállalatok ilyen irányú döntéseinek motivációit. Azonosítható azonban a tényezőknek egy másik nagy csoportja, ahol az előrelépés feltételei leginkább tudás- és információmenedzsment illetve szervezési összefüggésekben keresendők. A csoportok közötti fent említett lényegi különbségeket megjelenítendő a tényezőket két különálló táblázatba rendeztük, „Intelligencia és együttműködés típusú akadályok” (2. táblázat), illetve „Egyéb akadályozó tényezők” (3. táblázat) címekkel.

Megállapítható, hogy a szimbiózisok megvalósulásának vállalati és vállalatközi szinten is számos olyan akadálya van, mely alapvetően információhiányra, vagy az információk elszigeteltségére vezethető vissza. Így többek között a vállalkozások nem rendelkeznek elegendő információkkal az együttműködési lehetőségekről és módozatokról, a kapcsolódó piacok létezéséről és működéséről, ezen felül nincsenek tisztában az együttműködés révén elérhető hasznokkal sem. Eközben fontos volna az is, hogy a vállalkozások erőforrás-gazdálkodási információs rendszerei összhangba kerüljenek a körforgásos gazdaság követelményeivel. A valóságban azonban a vállalkozások sokszor aktuális hulladékmenedzsment megoldásaik tényleges költségeit sem mérik fel megfelelően.

2. táblázat „Intelligencia és együttműködés” típusú akadályok

Információ-ellátottság / vállalati intelligencia	Információhiány az együttműködési lehetőségekről	
	Információhiány az elérhető hasznokról	
	Információhiány a lehetséges együttműködési módozatokról	
	Információhiány a kapcsolódó piacokról	
	A vállalat hulladékkezeléséhez kapcsolódó költségek elégtelen nyomon követése	
	A vállalati információs rendszerek és a fenntarthatósági információigények összhangjának hiánya	
Együttműködés	Tranzakciós költségek	A partnerkeresés költségei
		A szimbiózis hálózatokban való részvétel költségei (pl. tagdíjak, szolgáltatási díjak)
		A partnerségek kialakításának és fenntartásának járulékos költségei (tárgyalási költségek, időráfordítás)
	Kapcsolat-építési akadályok	Függőség kialakulásától való félelem
		A változástól való félelem
		Eltérő vállalati és kommunikációs kultúrák okozta nehézségek
		Bizalomhiány
		Az együttműködésbe bekapcsolódó további szereplők megjelenésétől való tartózkodás (pl. kormányzati szervezetek)
		A kockázat és felelősség megosztás problematikája
		Előnyök megosztásának nehézségei

Forrás: Aid et al. 2017, Domenech et al. 2019 és Európai Bizottság 2018

Az, hogy az együttműködések akadályai között magas arányban található az informáltsággal, motivációkkal kapcsolatos „szoft” tényező, fontos eredmény. Ezen hiányosságok kezelésére más területeken sokszor külső szereplőket alkalmaznak. Egy hatékony támogató infrastruktúra a tranzakciós költségek csökkentésében, de a technológiai, piaci és szabályozási feltételek javításában is szerepet vállalhat, így javítva az együttműködések várható megtérülésén, ezen keresztül is növelve a vállalkozások szimbiózis jellegű kapcsolatépítési hajlandóságát.

3. táblázat: Egyéb akadályozó tényezők

Technológia és logisztika	Tároló kapacitások hiánya
	A vállalati folyamatok és termelési eljárások szükséges módosításaiból eredő költségek
	Magas szállítási költségek
	Üzemek közötti távolságok
	Technológiai szakértelem hiánya
	Magas szintű logisztikai képességek hiánya
Szabályozás	Bonyolult adminisztratív követelmények
	Rugalmatlan szabályozások, elsősorban a hulladékkezelés területén
	Szigorú engedélyezési előírások
	A támogató jellegű szabályozások hiánya
	Az elsődleges kitermelő ágazatok állami támogatása
	A szabályozások, előírások bonyolultsága
Piacok	Instabil piacok
	Bonyolult és változékony piaci viszonyok
	A költség-haszon kimenetek és jövedelmezőségi hatások előrejelzésének bizonytalanságai
Megtérülés	Jövedelmezőtlen együttműködési lehetőségek
	Gazdaságilag kifizetődőbb alternatívák (pl. szeméttelenen való elhelyezés)
	Hosszú megtérülési idők és az ehhez illeszkedő finanszírozás hiánya

Forrás: Aid et al. 2017, Domenech et al. 2019 és Európai Bizottság, 2018

4. Az ipari szimbiózisok elősegítésének módszertanai és gyakorlata

A továbbiakban áttekintjük, hogy a területen való előrelépésnek milyen feltételei vannak és milyen főbb megoldási módozatai ismertek, majd egy elektronikai iparban született esettanulmány ismertetésén keresztül egy pozitív példát is bemutatunk, Marconi et al., 2018 munkája alapján.

4.1 Az ipari szimbiózisok kiépítéséhez kapcsolódó módszertanok jellege és a szokásos beavatkozási területek

Az ipari szimbiózisok elősegítésére, kiépítésére több modellt illetve módszertant is ajánl az irodalom. Ezek egy része egy-egy konkrét eset tapasztalatainak feldolgozása során nyert módszertani eljárások kiterjesztési kísérleteként fogható fel. (pl. Park et al. 2018, vagy Hatefipour 2012). Léteznek ugyanakkor holisztikus modellek is, melyek alkalmasabbak univerzális receptek megfogalmazására (ezek a folyamatok egy absztraktabb leképezését jelenítik meg szélesebb körű tapasztalatok alapján). Az egyik ilyen a LESTS pentagon módszertan, mely az ipari szimbiózisok fejlesztését eredendően ipari parkok esetére dolgozza ki, de alkalmazható klaszterek kapcsolatainak fejlesztésére is. A módszer kijelöli a szabályozási, gazdasági, földrajzi, technológiai és társadalmi problémák kezelésének bottom-up és top-down irányú lépéseit. A klaszter tevékenységek irányítási kereteinek feltárása után az ipari park vagy klaszter vezetője a hálózat szereplőitől összegyűjti a szükséges információkat, top-down és bottom-up irányban is értékeli az együttműködések minőségét, majd top-down megközelítést alkalmazva szimbiózisok kialakítására törekszik. (Campana et al. 2017, 581-582) Az eljárás holisztikus, szektorközi megközelítésével lényeges értékteremtési lehetőséget nyújt a technológiai és nem technológiai jellegű információk jobb áramlásán, nyilvánosabb és szakértő jellegű kezelésén, illetve a végrehajtás felelőseinek egyértelmű kijelölésén keresztül.

A potenciális szimbiózisok azonosítása és az együttműködési folyamatok felgyorsítása érdekében a vállalati és vállalatközi információs bázisok fejlesztése egyaránt szükséges. Ennek megvalósítására egy kísérleti jelleggel indított kezdeményezés, a „MAESTRI program” fejlesztő és kapcsolatszervező platformjának példáját mutatjuk be az alábbi táblázat alapján (4. táblázat).

4. táblázat: Az ipari szimbiózisok kialakításához szükséges beavatkozások területei és irányai

Fejlesztési területek	Fejlesztési irányok
Vállalati intelligencia fejlesztése	A hulladékok azonosítása és pontos jellemzése (fizikai hulladék, melléktermékek, energia, emisszió)
	Hulladék adatbázis létrehozása az újrahasznosítási lehetőségek meghatározása céljából (belső felhasználás vagy szinergia)
	Életciklus-értékelés (LCA) életciklus-költségelemzések (LCCA)
	A várt és tényleges hasznok összehasonlító értékelése
Iparágakon átívelő intelligencia	Potenciális szinergiák feltárása az ágazatok közötti anyagáramlások „big data” jellegű elemzésére alapozva
	Szerződéskötési platform biztosítása
Döntéstámogatás	Belső Vs. külső szinergiák
	Orientálódás a telephely környezetében vagy azon kívüli szinergiákra
	Nagytávolságú anyagáramlásokhoz való csatlakozás kérdése
	Szinergia új tevékenységeken (vagy termékeken) keresztül vagy anélkül
	Regionális öko-parkokhoz való csatlakozás kérdése
Vállalati kultúra	Hulladékközpontúbb vállalati kultúra
	A folyamatos fejlődés támogatása
Egyéb erőforrásgazdálkodási előnyök	Folyamategyszerűsítés
	Erőforrás, illetve energia használat optimalizáció
	A termelési rendszer hatékonyságjavításának ökohatékonyági alapokra helyezése

Forrás: a MAESTRI program honlapja alapján saját szerkesztés

A vállalati és vállalatközi intelligencia jelentőségének hangsúlyozásán túl fontos megjegyezni, hogy a fejlesztési irányok egy jelentős meghatározója a földrajzi távolság és területi koncentrációk. Ez egybecseng Bartha és Gubik 2019-es tanulmányával, ahol a szerzők a legintenzívebb gazdasági kapcsolatok feltételeként a térbeli agglomerációkat nevezik meg. (Bartha – Gubik 2019) A cikk további részében egy konkrét iparág, az elektronikai ipar példáján keresztül szemléltetjük a bemutatott kihívásokat és a kezelésekre alkalmazható, ipari szimbiózisban rejülő lehetőségeket.

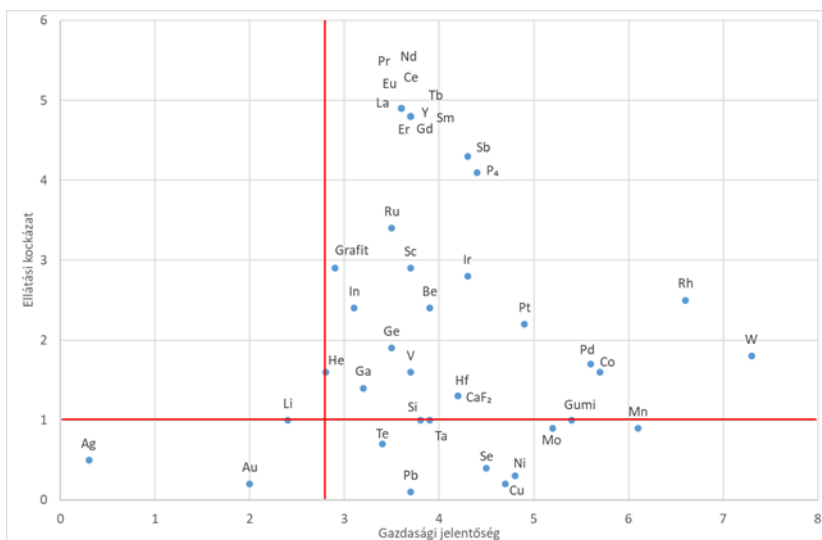
4.2 Erőforrásjellemzők az elektronikai iparban

Az elektronikai iparba a nemzetközi szakmai gyakorlatnak megfelelően az alábbi alágakat soroltuk be:

- C26: Számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása
- C27: Villamos berendezés gyártása

A 2016. évi adatok szerint a két alág - hazai fizetőeszközben, folyó áron, fix euró árfolyamok alkalmazásával mérve - mintegy 10 százalékkal részesedik az EU28 feldolgozóiparának összesített hozzáadott értékéből (az OECD adatai alapján a C26 ágazatnak 109 Mrd Euró, a C27 ágazatnak 101 Mrd Euró volt a kibocsátása EU-s szinten a 2016-os évben). A két alágban együttesen 2.650.000 főt foglalkoztattak 2016-ban az Európai Unió 28 tagállamában összesen. (OECD adatbázis, 2020. januári állapot)

Az erőforrás szűkösség, és ezzel párhuzamosan a keletkező hulladékok kezelésének problémája az elektronikai iparban is hangsúlyosan jelenik meg. Az elektronikai termékek gyártása jelentős nyersanyagigénnyel és a másik oldalon jelentős hulladéktermeléssel jár. Ez egyrészt a gyártási folyamat energia- és anyagigényességéből, másrészt a legyártott termékek jellemzőiből, illetve azok felhasználási módozataiból következik.

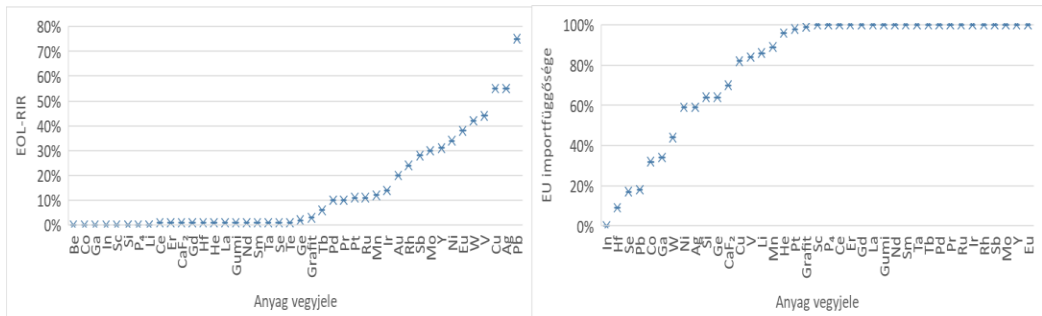


2. ábra: Az elektronikai ipar által felhasznált nyersanyagok kritikusság szerinti besorolása
Forrás: European Commission 2017a,b,c adatai alapján saját szerkesztés

Az iparág által felhasznált nyersanyagok többsége az EU 2017. évi besorolása alapján kritikusnak tekinthető (2. ábra). Az EU által vizsgált 76 nyersanyag közül 42 nyersanyag valamilyen formában felhasználásra kerül az elektronikai iparban. A kritikus anyagok 2017. évi értékelési módszertana alapján két tényező mentén történik az anyagok kritikusság szerinti besorolása. A gazdasági jelentőség (küszöbérték: 2,8) és az ellátási kockázat (küszöbérték: 1) alapján látható, hogy az elektronikai iparban felhasznált nyersanyagok jelentős része (76,2

százaléka) a kritikus nyersanyagok körébe tartozik (jobb felső negyed), veszélyeztetve a fenntartható erőforrásgazdálkodást. Fontosnak tartjuk kiemelni Kína jelentőségét, 26 anyag esetében ő tekinthető a domináns termelőnek.

A lenti ábra (3. ábra) az életciklus végéhez kapcsolódó újrahasznosítási arányt (bal oldal) (ez az adott nyersanyag régi hulladékból történő újrahasznosításának az uniós kereslethez viszonyított aránya) és az EU importfüggőségét (jobb oldal) mutatja az egyes anyagok esetében. Látható, hogy az anyagok jelentős hányadánál igen alacsonynak mondható az élettartam végi újrahasznosítás aránya az uniós kereslethez viszonyítva, és az anyagok döntő többségénél 80 százalék feletti az EU importfüggősége.



3. ábra: Az életciklus végéhez kapcsolódó újrahasznosítási arány (EOL-RIR) (bal oldal) és az EU importfüggősége (jobb oldal) az elektronikai iparban felhasznált nyersanyagok esetében
Forrás: European Commission 2017a,b,c adatai alapján saját szerkesztés

A hulladék képződés terén az elektronikai hulladék (e-hulladék) nagy mennyiségű keletkezésével kell kiemelnünk az iparággal kapcsolatban. A lakossági elektromos és elektronikai hulladék a nagy- és kisméretű háztartási berendezésekből, az IT és telekommunikációs valamint a szórakoztató elektronikai berendezésekből keletkezik. A magyarországi háztartások elektronikai hulladék termelése 2008-ról 2017-re több mint megháromszorozódott (13.000 tonnáról 47.000 tonnára nőtt). Eközben az e-hulladékok újrahasznosítási rátája a 2011-es 25%-ról 2017-re 51%-ra nőtt (Észtország 70%-os, Horvátország 81%-os aránnyal büszkélkedhet, mely EU-s szinten is élvonalbelinek számít). (OECD és EUROSTAT adatbázisok, 2020. januári állapot szerint) Az elektronikai ipar termékeiből (illetve gyártása során) keletkező e-hulladékok jelentős gazdasági értéket képviselnek és komoly környezeti hatással bírnak az anyagok összetétele és a gyártás tömegszerűsége okán. Amellett, hogy egyre inkább igény mutatkozik a keletkező hulladékok adatainak összegyűjtésére, sajnos ez idáig az e-hulladékok nagyobb része esetében nincs dokumentálva az elhasználandó, életciklusuk végére ért termékek sorsa. Egy jelentős részük informális kereskedelmi csatornákon keresztül folytatja útját, illetve hulladék exporton keresztül a harmadik világ országaiba kerül, ahol egy részét újrafeldolgozzák, másik része kérdéses eljárású folyamatok során visszakerül a környezetbe. Globálisan az anyagok egyharmadát használják újra, mely komoly gazdasági veszteséget jelent és nehezen felmérhető környezeti terhelést okoz. (Marconi et al. 2018; Duan et al. 2016)

Látható, hogy a körforgásos szemlélet megjelenése, mellyel csökkenthető a felhasznált primer erőforrások, valamint a keletkező hulladékok mennyisége, alapvető jelentőségű az elektronikai ipar esetében. A teljes életciklus szemléletben a körforgásos elvek már a termék tervezésekor megjelennek, beleértve a gyártáshoz szükséges nyersanyagok kitermelésével kapcsolatos környezeti hatások elemzését is. De ide tartozik a termékek tartósságának növelése, a moduláris felépítés, a javíthatóság növelése, mellyel az élettartam meghosszabbítható. A termelői és vásárlói attitűdök vizsgálata nem része jelen cikknek, azonban fontos kiemelni azt a tényt, hogy az elektronikai ipar termékei esetében nagy kihívást (és egyben dilemmát) jelent a termékek tartósságának növelése, amiatt, hogy az IT és kommunikációs technológia fejlődésével a

fogyasztók mindig a legújabb technológiákat igénylik, így például 2 évente akkor is lecserélik a mobiltelefonjukat, ha az egyébként még zavartalanul működik. A körforgásos elvek teljesíthetősége emiatt leginkább a melléktermékek és a hulladékok értékesítési lehetőségében jelenik meg az ágazatban. Ennek sikeres megvalósítása érdekében azonban szükség van az iparági együttműködési lehetőségek feltárására, valamint az ipari szimbiózisban rejlő lehetőségek felismerésére és kiaknázására. Szintén fontos szerepe van a hulladékszektorban működő vállalatoknak, amelyek az elektronikai hulladékok begyűjtése és feldolgozása révén segítik az újrahasznosításban rejlő lehetőségek kihasználását. Az e-hulladékok magas szintű kezelésének igénye hozzásegíti a vállalkozásokat a szabályozásoknak (például a kibővített gyártói felelősség követelményének) való megfeleléshez. Az elektronikai ipar szabályozásának részét képezi például, hogy a vállalatok alapanyagaik egy bizonyos részét újrahasznosított elektronikai hulladékból kell, hogy biztosítsák. Egy, az iparágban megvalósult pozitív kezdeményezés példaként mutatjuk be az olaszországi Marche régió vállalatainak esetét.

4.3 Ipari szimbiózis lehetőségének feltárása az e-hulladékok értéklánca mentén

Az alábbiakban Marconi és szerzőtársainak 2018-as tanulmánya alapján bemutatjuk egy olyan ipari szimbiózis lehetőség példáját, mely a vállalati információk harmadik fél általi gyűjtése során tárult fel. Az esettanulmány valós vállalkozások valós adatainak példáján született, az együttműködési lehetőség feltárása után a szakértők az elérhető hasznokat teoretikusan elemezték. A vállalkozások Olaszország egy régiójában működnek az elektronikai hulladék ágazatban. A szerzők egy előre kidolgozott információgyűjtési és -megosztási modell segítségével 15 közép-olaszországi vállalkozásról gyűjtöttek adatokat. Az új információk elemzése során egy olyan kapcsolódási lehetőség tárult fel, mely a résztvevők mindegyike számára anyagi haszonnal jár, miközben a projekt nettó környezeti hatása is pozitív. A kapcsolatok kiindulópontja egy elektronikai hulladékokkal foglalkozó kisvállalkozás („A” vállalkozás), melynek egyik kulcstevékenysége elektromos kábelek feldolgozása, melyekből műanyag szigetelő anyagot és rezet nyernek ki. A rezet jellemzően újrahasznosító üzemeknek értékesítik, a kinyert műanyag hulladéklarakókba és szemétegetőkbe kerül, illetve egy kisebb részét exportálják. A kutatók további hasznosítási lehetőségeket feltáró elemzése rávilágított, hogy a vezetékek feldolgozásából nyert műanyag és réz hatékonyabban is felhasználható, még hozzá a régióon belül. Ennek megvalósulása esetén „A” vállalkozás elsősorban a hulladék gyűjtését, az elektromos vezetékek elkülönítését, tárolását és kiszállítását vállalja, a kevert műanyag hulladékot (PVC, PE, gumi, stb. és réz) egy műanyag por előállításával foglalkozó vállalkozás („B” vállalat) számára értékesíti. Utóbbi a műanyagot fejlett technológiával végzett porlasztás után adja el. Még jelentősebb gazdasági eredmény érhető el, ha a „B” vállalkozás értékesíti a rezet is, iparági kapcsolatrendszerre és technológiájára révén lényegesen előnyösebb feltételekkel. A műanyag port egy harmadik, szintén a régióban működő vállalkozás („C” vállalkozás) vásárolja fel („B vállalkozástól”), mely vegyes műanyag termékeket állít elő. A hipotetikus esettanulmány számítási eredményei szerint a scenárió gazdasági kimenete mindhárom résztvevő számára pozitív, mindhárom vállalkozás pozitív haszonra tett szert. A környezeti hatások ettől valamivel árnyaltabb képet festenek. A javasolt együttműködés környezetterhelési vonatkozásait LCA módszertannal vizsgálták, és alapvetően a CO₂ kibocsátás alapján mérték. Az eredmények alapján az új értéklánc „A” és „C” tagjának kedvezőbb CO₂ mérlege lesz, „B” vállalatnak kedvezőtlenebb, összesen azonban jelentős megtakarítás érhető el. (Marconi et al. 2018)

5. Következtetések, javaslatok

A vállalkozások szimbiózison alapuló összekapcsolásával jelentős gazdasági és környezeti hasznok érhetőek el. A szakirodalom alapján jól körbeírhatók a folyamatokra pozitívan ható tényezők, és fejlett elméleti módszertani keretek állnak rendelkezésre a kapcsolatok

fejlesztésére, ugyanakkor mikro-, mezo- és makroszinten is számos akadály azonosítható. Jelen tanulmányban azt hangsúlyoztuk, hogy az akadályok egy jelentős része arra vezethető vissza, hogy a vállalkozások nem rendelkeznek elegendő információval az ipari szimbiózis jellegű együttműködési lehetőségekről, együttműködési módozatokról, a kapcsolódó piacok létezéséről és működéséről és szintén nincsenek tisztában az együttműködés révén elérhető hasznokkal sem. Ezzel párhuzamosan az együttműködési lehetőségek felkutatását és a partnerkapcsolatok menedzselését a vállalkozások túl költségesnek gondolják, és az előzőkkel is összefüggésben gyakran elutasító hozzáállást tanúsítanak.

A problémák jelentős részének enyhítésében az ún. facilitátoroknak lehet kiemelt szerepe. Ezen támogató szerepet betöltő szervezetek nagy segítséget jelenthetnek a szimbiózisok kialakításában és menedzselésében a kapcsolódási lehetőségek feltárásán, az információs platformok kiépítésén és hatékony menedzselésén keresztül, mellyel a tranzakciós költségek is lényegesen csökkenthetők. Ezen túlmenően szerepet vállalhatnak a technológiai akadályok leküzdésében vagy a szabályozások befolyásolásában is. Amennyiben ilyen jellegű funkciójukat a vállalatok is felismerik, számítani lehet azok együttműködési attitűdjének javulására (mely szintén jelentős akadályt jelent). Hangsúlyozzuk mindezt azért is, mert a szimbiózisok támogatására szakosodott, közvetítői szektor az említett potenciálok ellenére Európai Unió szinten is fejlődésének kezdeti szakaszában jár. (Európai Bizottság 2018)

Eredményeink alapján hangsúlyozni szeretnénk továbbá a fejlesztések regionális hálózati aspektusait, mely a hazai ipari park hálózat és településszerkezet realitásaival is összhangban van. Ahogy az Európai Bizottság 2018-as jelentése is utal rá, a logisztikai és technológiai akadályok, illetve a vonatkozó költségvonzatok miatt a hálózatok kialakulásának helyi, illetve regionális szinten látszik a legnagyobb realitása (nem beszélve a szállítással összefüggő környezetvédelmi megfontolásokról). Ennek megfelelően regionális szintű hatás- és feladatkörökkel rendelkező facilitátorok kijelölése javasolt, melyek a példában bemutatott módon képesek hozzájárulni a helyi vállalkozások közötti szinergiák fejlesztéséhez. A szerepet vállalhatják a helyi kamarák, ipari együttműködési csoportosulások, egyetemek, vagy az ipari parkok menedzsmintjének együttműködési szervezetei, de elképzelhető egy erre a feladatra szakosodott új országos szervezeti hálózat kiépítése is. Az említett szakértői és szervezeti kapacitások kiépítése nyilvánvaló előnyökkel járna a helyi vállalkozások hatékonyságára és gazdaságosságára nézve, új vállalati hálózatok és értékláncok kiépülésével kecsegtet, jelentős mértékben támogatná egy modern és fenntartható gazdaság kiépülését országos szinten, miközben versenyelőnyt jelenthetne a külföldi beruházásokért folytatott versenyben és új piacok meghódításában.

A helyi szinten legoptimálisabb szervezeti megoldások, felelősség delegálási modellek meghatározásához további empirikus kutatás szükséges a területhez kapcsolódó szervezetek jelenlegi tevékenységének pontos feltérképezése és a konkrét fejlesztési lépések regionális szintű meghatározása céljából. Egy ilyen felmérés választ adhatna olyan kérdésekre, minthogy új facilitátor szervezetekre (és hálózat kiépítésére) van-e szükség, vagy a meglévő közvetítői szolgáltatások fejlesztésére és tevékenységük promóciójának erősítésére érdemes helyezni a hangsúlyt. Az ide vonatkozó vizsgálatok másik iránya kellene legyen annak feltárása, hogy helyi szinten milyen eltérések tapasztalhatók az együttműködések akadályait tekintve, illetve, hogy milyen karaktereket hordoz és hogyan volna javítható a vállalkozások ipari szimbiózis irányultságú együttműködési hajlandósága.

Köszönetnyilvánítás

"A tanulmányban ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"

Irodalomjegyzék

- AID, G. - EKLUND, M. - ANDERBERG, S. - BAAS, L. (2017): Expanding roles for the Swedish waste management sector in inter-organizational resource management. *Resources, Conservation And Recycling*, 124. 85–97. doi:10.1016/j.resconrec.2017.04.007
- ALCHIAN, A. - DEMSETZ, II. (1972): Production, information costs and economic organisation. *America Economic Review*, 2. 775-795.
- BAAS, L. (2011): Planning and uncovering industrial symbiosis - comparing the Rotterdam and Östergötland regions. *Business Strategy and the Environment*, 20(7). 428–440. doi:10.1002/bse.735
- BARTHA, Z. – SÁFRÁNYNÉ GUBIK, A. (2019): Technológiai lehetőségek – társadalmi leképeződések. *Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek XVI. évf. 2019/1.* 95-105.
- CAMPANA, G. - HOWLETT, R. J. - SETCHI, R. - CIMATTI, B. (2017): *Sustainable Design and Manufacturing 2017 - Smart Innovation, Systems and Technologies*. Cham: Springer Nature doi:10.1007/978-3-319-57078-5
- CRONAUGE, U. (1992): *Kommunale Unternehmen*. Berlin: Erich Schmidt Verlag
- DOMENECH, T. - BLEISCHWITZ, R. - DORANOVA, A. - PANAYOTOPOULOS, D. - ROMAN, L. (2019): Mapping industrial symbiosis development in europe - typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 141. 76–98. doi:10.1016/j.resconrec.2018.09.016
- DUAN, H. - HU, J. - YUAN, W. - WANG, Y. - YU, D. - SONG, Q., - LI, J. (2016): Characterizing the environmental implications of the recycling of non-metallic fractions from waste printed circuit boards. *Journal of Cleaner Production*, 137. 546–554. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.131>
- EUROPEAN COMMISSION (2017/a): Study on the Review of the List of Critical Raw Materials. Criticality Assessments. Brüsszel: Európai Bizottság <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/08fdab5f-9766-11e7-b92d-01aa75ed71a1>
- EUROPEAN COMMISSION (2017/b): Study on the Review of the list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets. Brüsszel: Európai Bizottság <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>
- EUROPEAN COMMISSION (2017/c): Study on the Review of the list of Critical Raw Materials. Non-critical Raw Materials Factsheets. Brüsszel: Európai Bizottság <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6f1e28a7-98fb-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>
- EUROPEAN COMMISSION (2018/a): EIP on Raw Materials, Raw Materials Scoreboard 2018, European Union, 2018
- EUROPEAN COMMISSION (2018/b): Cooperation Fostering Industrial Symbiosis: Market Potential, Good Practice And Policy Actions. Brüsszel: Európai Bizottság.
- HATEFIPOUR, S. (2012): Facilitation of Industrial Symbiosis Development in a Swedish Region. Doctoral Dissertation. Linköping University, Linköping, Sweden.
- LOMBARDI, D. R. - LAYBOURN, P. (2012): Redefining industrial symbiosis: crossing academic-practitioner boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1). 28-37. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>
- MARCONI, M. - GREGORI, F. - GERMANI, M. - PAPETTI, A. - FAVI, C. (2018): An approach to favor industrial symbiosis: the case of waste electrical and electronic equipment. *Procedia Manufacturing*, 21. 502–509. doi:10.1016/j.promfg.2018.02.150 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918301896?via%3Dihub>
- PARK, J. - DUQUE-HERNÁNDEZ, J. - DÍAZ-POSADA, N. (2018): Facilitating business collaborations for industrial symbiosis: the pilot experience of the sustainable industrial network program in Colombia. *Sustainability*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103637>
- Online adatbázisok:
 MAESTRI Project: <https://maestri-spire.eu/project/>
 OECD adatbázisok: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AEA>
 EUROSTAT adatbázisok: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>