



GAZDÁLKODÁS ÉS SZERVEZÉSTUDOMÁNYOK DOKTORI
ISKOLA

**KÖRFORGÁSOS GAZDASÁGI MODELLEK ÉS
HATÉKONYSÁGUK MÉRÉSE**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

HORVÁTH BÁLINT

Gödöllő
2019

A doktori iskola

megnevezése: Szent István Egyetem,
Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

tudományága: gazdálkodás- és szervezéstudományok

vezetője: **Prof. Dr. Lakner Zoltán PhD**
Egyetemi tanár, az MTA doktora,
Szent István Egyetem,
Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszeripari Gazdaságtan Tanszék

Témavezető: **Dr. habil Fogarassy Csaba PhD**
Egyetemi docens, Kutatóközpont vezető,
Szent István Egyetem,
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet,
Klímagazdaságtani Elemző- és Kutatóközpont

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK.....	4
2. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	8
2.1. Anyagkörforgási összefüggések statisztikai elemzése	8
2.2. Költség-haszon elemzés környezeti externáliák monetarizálásával.....	9
2.3. A körforgásos gazdasági átalakulás mérése – A Körkörös Gazdasági Érték (CEV)	10
2.3.1. A CEV alkalmazása a decentralizált és központosított energiatermelési rendszerek közötti döntési helyzetben	11
2.3.2. A CEV értelmezése a nemzetközi hulladékkereskedelmi folyamatok vizsgálatában.....	11
2.4. Üzleti modellek értékelése a körforgásos gazdaság alapelvei szerint – A ReSOLVE keretrendszer	12
3. EREDMÉNYEK	14
3.1. Anyagkörforgási összefüggések elemzése az Európai Unió tagállamaiban	14
3.2. A hazai épületmodernizációs stratégiák gazdasági és környezeti szempontú megítélése	17
3.3. Energiatermelési rendszerek körforgásos gazdasági értékelése	19
3.4. A nemzetközi hulladékkereskedelem szerepének elemzése a körforgásos gazdaságban	22
3.5. A körforgásos üzletimodell-innovációs trendek vizsgálata a biotechnológia-iparban.....	24
3.6. Új és újszerű tudományos eredmények.....	26
4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	28
IRODALOMJEGYZÉK	32
AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK.....	34

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

Az értekezés témaválasztása az Európai Unió azon nemrég hozott döntéséből ered, mellyel a közösség stratégiai céljává emelte az úgynevezett „Körforgásos gazdaság” megvalósítását (EURÓPAI BIZOTTSÁG 2015). A kezdeményezés alapvetően arra irányul, hogy a – napjainkban jellemző – „elvesz-termel-eldob” elven alapuló gazdasági berendezkedést egy erőforrás-hatékony rendszerré formálja át (EMF 2013). Ez a megközelítés nagy vonalakban egyszerűen hangzik, azonban a tapasztalatok azt mutatják, hogy a körforgásos gazdaságnak megannyi értelmezése létezik. Ezek között megtalálhatók helyes és helytelen, továbbá a kettő között álló, aszimmetrikus információn alapuló irányzatok. A bizonytalanság oka, hogy a körforgásos gazdaság – az eddigi környezet-alapú kezdeményezésekkel ellentétben – nem csupán egyetlen ökológiai aspektust képvisel (pl. klímavédelem). Sokkal inkább egy új fejlesztési paradigmát jelent, amelynek a holisztikus látásmódja sokoldalúan integrálja a fenntarthatóság pilléreinek (gazdaság, társadalom és környezet) különböző alrendszeit.

A disszertációban a körkörös gazdaság értelmezésekor felmerülő anomáliákat egy témakör alá sorolom. Ezt a területet az eddigi kutatómunkám során a „Körforgásos gazdaság gyakorlati megvalósításának ellentmondásai” néven definiáltam, ezért az értekezésben is így hivatkozom rá. Ehhez kapcsolódóan két olyan célkitűzést fogalmaztam meg, amelyek a koncepció helytelen alkalmazásának elkerülését szolgálják.

Az elsődleges céлом (C1) az, hogy feltárjam az anyagkörforgás megteremtése során felmerülő paradoxikális hatásokat. Ez a témakör a körkörös gazdaságban sokat hangoztatott „cikluszáró folyamatok” kérdését tárgyalja. Az irodalom ugyanis kitér arra, hogy az anyagáramokat nemcsak bezárni, hanem meghosszabbítani és leszűkíteni is lehet. Tehát a hulladékok újrahasznosítása helyett célszerű eleve elkerülni azok keletkezését (CRAMER 2017). Ez a termékek életciklusának elnyújtásával vagy a fogyasztás csökkentésével érhető el.

Az ide tartozó, első hipotézisemben (H1) ezért azt állítom, hogy az anyagciklusok bezárására fókuszáló fejlesztések ellentmondásos eredményekhez vezetnek. Az anyagkörforgás hatékonyságát ily módon biztosító mechanizmusok nem feltétlenül csökkentik kellően a termelési és fogyasztási tevékenységek környezeti terhelését.

A következő célkitűzésem arra az ellentmondásos jelenségre fókuszál, amely a termékek hasznos élettartama és ökológiai hatékonysága között áll fenn. Itt kap fontos szerepet az előbbieken említett életciklus-meghosszabbítás. Ez elsősorban azt jelenti, hogy egy terméknek minél hosszabb hasznos élettartammal kell rendelkeznie – megelőzve ezzel újaknak a gyártását és fogyasztását (BAKKER

ET AL. 2014). Az irodalom azonban kitér arra is, hogy az előállított termékeket az élethosszuk során a lehető legnagyobb hasznossági szinten kell tartani. Ez egyrészt intenzív használatot jelent, ami gyors amortizációval jár, és csökkenti a termék élettartamát. Másrészt a hasznosság azzal is azonosítható, hogy egy termék erőforrás-hatékonyan üzemel, azaz kevés energiát – és egyéb anyagot – igényel a működése során (EMF 2015a). Ez utóbbihoz pedig az járul hozzá, ha a régi termékeket új, energia- és anyaghatékony változatokra cseréljük. Tehát a hasznos élettartam és a maximális haszon elérése láthatóan ellentétes irányokat mutatnak.

Ezen okból a második célokként azt tűztem ki (C2), hogy egy esettanulmányon keresztül elemezzem az életciklus és az alatta betöltött hasznosság közötti átváltási jelenséget. Vizsgálati mintának a hazai épületállomány modernizálásának kérdését választottam, amely évek óta napirenden van mind a szakma képviselői, mind a politikai döntéshozók asztalán. Az eddig eredménytelenül folyó vita alapjául az a dilemma szolgál, hogy gazdasági és környezeti szempontból érdemes-e a jelenlegi – életciklusa végén járó – épületek felújításába fektetni, vagy helyette inkább új, modern struktúrák építésébe kell-e kezdeni?

A témában feldolgozott irodalom alapján, a második hipotézisemben (H2) azt feltételeztem, hogy a magyar épületállomány energetikai modernizálásának mind gazdasági, mind környezeti szempontból hatékonyabb módját jelenti az épületek renoválása, mint azoknak az újépítésű építményekkel történő helyettesítése. Az Európai Unió által támogatott, hosszú távú klímavédelmi célkitűzések a felújításra hagyatkozó stratégiával is elérhetők.

Az eddig megfogalmazott két célkitűzés megfelelően lefedi azoknak az ellentmondásoknak a körét, amelyeket a körforgásos gazdaság értelmezése okozott az elmúlt években. A teljesítésük után arra fogok koncentrálni, hogy elhelyezzem az anyagkörforgás ideáját a fenntarthatóság tudományterületén megjelent irányzatok között. Ezt a fókuszterületet egy külön témakörként kezelem, melynek a „Fenntarthatósági kérdések” nevet adtam.

Ezen a téren először azt veszem szemügyre, hogy a globális ellátási rendszereknek milyen a megítélése a körkörös gazdaságban. Mivel a koncepció az erőforrások hatékony kezelését és azok termelésbe való visszaforgatását célozza, szkeptikusan áll azon folyamatokhoz, melyek nehezebbé teszik a lekövetésüket. Ezért az anyagciklusok bezárását nemcsak fizikai, hanem területi értelemben is célszerűnek tartja (DE WIT ET AL. 2016; KRAAIJENHAGEN ET AL. 2016). Bár eltekint a kis közösségek önellátásán alapuló, „boldog békeidők” felidézésétől, mégis nagy hangsúlyt helyez az ellátási láncok területi határainak megszabására, továbbá a globális piacokra való intenzív termelés bírálataira (FOGARASSY ET AL. 2016). A lokalizáció meghatározó szerepe nem meglepő a körforgásos

gazdaságban, hiszen ez a kérdéskör mindig is alapvető problémát jelentett a fenntarthatóság témakörén belül.

Ezért a harmadik célkitűzés (C3) elérésekor annak a vizsgálatára fókuszálok, hogy a nagy területeket ellátó, centralizált termelési rendszerek környezeti és gazdasági hatékonysága miként viszonyul a helyi ellátási formákhoz. Mivel ez egy meglehetősen tág témakört jelent, a kvantitatív vizsgálatot az energiaelőállítási rendszerekre szűkítem. Ennek oka egyrészt az energiaáramok kiemelt szerepe a körkörös gazdaságban. Másrészt a téma társadalmi szempontból is relevánsnak tekinthető, hiszen a közösségi összefogáson alapuló helyi energiatermelési struktúrák virágkorukat élik a nyugat-európai országokban.

Az ilyen kezdeményezések szakmai tapasztalataira hagyatkozva állítom azt a harmadik hipotézisemben (H3), hogy a decentralizált energiatermelési rendszerek alkalmazása mind környezeti, mind gazdasági szempontból kedvezőbb feltételeket kínál a Magyarországon jelenleg használt, központi berendezkedéshez képest.

Ezzel a témakörrel sikeresen lefedem a körforgásos gazdaságot életre hívó két fő aspektus egyikét, ami a napjainkban kialakuló erőforrás-szűkösség. Ez a jelenség teszi egyre fontosabbá a hatékony, minimális energia- és anyagvesztéssel működő termelési és fogyasztási rendszerek kialakítását. A másik meghatározó szempont a körkörös koncepció megjelenése mögött az, hogy a jelenkor fogyasztói társadalmi kifogyni látszanak az általuk termelt hulladékok kezelésére vállalkozó szereplőkből. Ennek a legjobb példája Kína nemrég hozott döntése, mely szerint a továbbiakban nem fogad több műanyag hulladékot. Mivel az elmúlt 25 évben ez az ország volt a globális piac legbefolyásosabb alakja, a kiszállása jelentős hatással lesz a műanyagot intenzíven használó nemzetekre (BROOKS ET AL. 2018).

Tekintettel a téma aktualitására és a körforgásos gazdaságban betöltött szerepére, a negyedik céloknak (C4) azt tekintem, hogy az anyagáramok bezárásnak szemszögéből vessem analízis alá a hulladékok nemzetközi kereskedelmét.

A témakörhöz tartozó, a disszertáció tekintetében negyedik hipotézisemben (H4) pedig azt feltételezem, hogy a hulladékok nemzetközi kereskedelme nem feltétlenül megfelelő módja az anyagáramok bezárásának, ha a fogadó országok a harmadik világból kerülnek ki. Ezek a szereplők ugyanis általában nem rendelkeznek a szóban forgó materiális újrahasznosítására alkalmas kapacitásokkal.

A két utóbbi célkitűzéssel az értekezés olyan irányokat jelölt ki, melyek a globalizált piaci mechanizmusok társadalomra és környezetre gyakorolt hatásait érintik. Ám a világméretű folyamatoknak való kitettség jelen van a gazdasági

szereplők körében is. Régebben a vállalatok ezen kihívásokra a termékeik fejlesztésével próbáltak meg válaszolni, ugyanis az újdongások piacra vitele jelentette a versenyképesség meghatározó tényezőjét. Idővel azonban a kommunikációs technológia fejlődése meghaladta a forgalmazott termékek és szolgáltatások előállítására használt technológia fejlettségi szintjét. Ez egy olyan evolúciós lépcsőfokhoz vezetett az üzleti életben, melynek során a termékek fejlesztése helyett fontosabbá vált azoknak a piacra viteli és értékesítési mechanizmusának átalakítása. A szakirodalom ezt a jelenséget nevezi üzletimodell-innovációnak (CSATH 2012). Tekintettel arra, hogy napjainkra ez a folyamat vált a piaci versenyképesség meghatározó tényezőjévé, a dolgozatban külön figyelmet szentelek neki.

Az ötödik célkitűzésemmel (C5) annak a bizonyítására törekszem, hogy a körforgásos átalakulás már megkezdődött az üzleti életben, és ez a jelenség nyomon követhető az üzleti modellek fejlődésében.

A kutatás során elvégzett esettanulmányhoz egy olyan ágazat üzleti modelljeit választottam, amely az irodalmi tanulságok alapján a világ egyik leginnovatívabb iparágának számít, és az elsők között reagál a változó gazdasági körülményekre.

Így az ötödik hipotézisemben (H5) azt feltételeztem, hogy a körforgásos gazdaság alapelveinek megjelenése kimutatható az üzleti élet egy olyan meghatározó ágazatában, mint a gyógyszerészeti biotechnológia. Az iparág újgenerációs üzleti modelljei várhatóan tartalmaznak olyan tervezési elemeket, amelyek igazodnak a körkörös gazdasági paradigma által támasztott piaci elvárásokhoz.

A dolgozatban kitűzött célok és a hozzájuk tartozó hipotézisek bemutatása után a következő fejezet szemléletli azokat a módszertanokat, amelyeket a kutatásom során felhasználtam.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az alábbi fejezet az eddig felállított hipotézisek sorrendjében mutatja be azon tudományos módszertanokat, amelyek a feltevések vizsgálatához szükségesek.

2.1. Anyagkörforgási összefüggések statisztikai elemzése

Az elemzés területi szempontból az Európai Unió országaira terjed ki, mivel a körforgásos gazdaság megvalósítása az elmúlt 3 év során ennek a közösségnek a keretein belül vált kiemelt prioritássá. A vizsgálat alapját az egyes tagállamok Ökológiai lábnyoma képezi, mivel ez az indikátor ad képet az erőforrás-felhasználásuk jellegéről. Elsőként egy klaszteranalízist fogok elvégezni az alapján, hogy az országok termelésre és fogyasztásra használt lábnyoma milyen viszonyban áll a biokapacitásukkal – azaz a rendelkezésükre álló ökológiai adottságokkal. A későbbiekben ehhez mérten lehet majd értékelni azt, hogy hol miként működnek a hatékony anyagforgalom megteremtésére irányuló fejlesztések.

A tagállamok anyagkörforgási rendszereinek az elemzéséhez az EUROSTAT (2018) adatbázisát használok fel, ahol rendelkezésre állnak olyan – egyes esetekben frissen kidolgozott – indikátorok, melyeket a körkörös gazdasági teljesítmény méréséhez rendeltek. Ezek a mutatók a következők:

- Egy főre jutó hazai alapanyag-felhasználás (a továbbiakban: DMC)
- Erőforrás-termelékenység (EUR/hazai alapanyag-felhasználás)
- Hulladék/hazai alapanyag-felhasználás
- Hulladék/bruttó hazai termék
- Újrahasznosítási ráta
- Körforgásos anyaghasználat (összes újrahasznosított anyagmennyiség/összes felhasznált anyagmennyiség, a továbbiakban: CMU)

A felsorolt mutatókból látható, hogy az EU-s tagállamok tekintetében rendelkezésre állnak olyan indikátorok, amelyek a gazdasági anyagáramok input és output oldala mellett a ciklusokat bezáró kezelési formáról is információt nyújtanak. Az elemzés tárgyéve 2014 lesz, mert ez az az utolsó időpont, amikor minden indikátor rendelkezésre áll az összes ország esetében. Az adott év adatai alapján a vizsgálat korrelációanalízis segítségével mutatja ki azt, hogy az egyes mutatók között statisztikailag milyen irányú és erősségű összefüggés mutatható ki. Ez a módszertan alkalmas arra, hogy felhívja a figyelmet az anyagkörforgás eltérő szakaszai közötti logikai kapcsolatokra.

A következő fejezet a dolgozat második hipotézisének vizsgálatához tartozó módszertant mutatja be.

2.2. *Költség-haszon elemzés környezeti externáliák monetarizálásával*

A felhasznált költség-haszon vizsgálati (a továbbiakban: CBA) modell a projektek során kibocsátott üvegházhatású gázok (a továbbiakban: ÜHG) mennyiségének pénzügyi elszámolásán alapszik. Így a gazdasági aspektusok mellett figyelmet fordít a környezeti károk és hasznok kezelésére. A hazai épületállomány modernizálása kapcsán két forgatókönyvet (régie épületek felújítása vagy újak építése) veszek szemügyre, melyek kapcsán két eltérő verzióval kell számolni. Az első esetben elegendő trendszámításon alapuló mechanizmussal meghatározni a jövőbeli folyamatok irányát a jelenkori szabályozások figyelembevételével. A későbbiekben ez a verzió a „BAU” (mint Business-As-Usual) elnevezést kapja, mivel nem tartalmaz újszerű szabályozási eszközöket. Ám a második esetben már egy adott scenárió megvalósításával számolok. A végén így lehet különbséget tenni aközött, hogy miként alakulna a szektor ÜHG kibocsátása beavatkozás nélkül és az épületmodernizálás hatására. Az externáliák bevonása az egyes forgatókönyvek ÜHG mérlegének pénzügyi elszámolását jelenti, amelyhez az Európai Unió emisszió-kereskedelmi rendszerének árprognózisai szolgálnak alapul.

A leírtak alapján a vizsgálat az 1. képleten látható az alábbi költség-haszon elemzési mechanizmust használja fel.

$$TJ_{jé} = - \underbrace{(BK - KE)}_{\text{Fejlesztési döntés}} + \underbrace{(TÁ - TK)}_{\text{Működési hatások}} \pm \underbrace{KH \pm \text{ÜHG}_k}_{\text{Közvetett hatások}} jé \quad (1)$$

ahol:

$TJ_{jé}$ = a többletjövedelem jelenlegi értéke (HUF),

BK = a beszerzendő berendezések többlet beruházási költsége (HUF),

KE = esetleges támogatások, kedvezmények (HUF),

$TÁ$ = az adott technológia alkalmazásának többlet hozamából, minőségjavító hatásából eredő többlet árbevétele (HUF/év),

TK = az adott technológia többletköltségeinek és az esetleges megtakarításainak az egyenlege (HUF/év),

KH = az adott technológia alkalmazásának közvetett gazdasági hatásai (környezeti hatások, társadalmi hatások) és ÜHG csökkentés értéke (HUF/év),

ÜHG_k = az adott technológia alkalmazásának közvetett emissziós hatásai, az ÜHG csökkentés értéke EU ETS kvóta prognózis alapján (HUF/év),

$jé$ = jelenérték.

Forrás: Saját szerkesztés KOVÁCS (2014) alapján

Az elemzés időbeli és strukturális kereteit illetően először a vizsgálat időintervallumának kijelölése a legfontosabb. Tekintettel arra, hogy az analízisben fontos szerepet játszik az Európai Unió klímapolitikai keretrendszere, célszerű a közösség szabályozási mechanizmusaihoz igazodni. Ezért a CBA

modell a 2020 és 2030 közötti időtáv lehetséges változásait fogja prognosztizálni. A költség-haszon analízis eredményeként így két fő aspektust ajánl a döntéshozók figyelmébe: az első a vizsgált forgatókönyvek megtérülési mutatóinak ábrázolása; a második a fejlesztésekkel kiváltott környezeti hatások változása.

A következő fejezet egy olyan módszertant mutat be, amely lehetővé teszi a dolgozat központjában álló körforgásos gazdasági teljesítmény mérését.

2.3. A körforgásos gazdasági átalakulás mérése – A Körkörös Gazdasági Érték (CEV)

Az alábbi módszertan a körforgásos gazdaság két fő fókuszterületét, az energia- és az anyagáramok alakulását veszi figyelembe egy input-output szemlélet mentén. Tehát azt vizsgálja, hogy az egyes folyamatok elején és végén miként értékelhető a forgalomba hozott energia- és anyagmennyiség felhasználása körkörös szemszögből. A metódus számítási mechanizmusát a 2. képlet mutatja be.

$$CEV\% = 100 - \left(\frac{\left(\frac{M_p}{M_p + M_s} + \frac{M_d}{M_r + M_d} \right) + \left(\frac{E_f}{E_s + E_f} + \frac{E_l}{E_c + E_l} \right)}{4} \right) \times 100 \quad (2)$$

ahol:

CEV%: Körkörös gazdasági érték,

M_{in} : Az input oldal anyagárama (lineáris),

M_{out} : Az output oldal anyagárama (lineáris),

M_p = A termék létrehozásához felhasznált elsődleges nyersanyagok mennyisége,

M_s = A termék létrehozásához felhasznált másodlagos nyersanyagok mennyisége,

M_d = A nem újrahasznosítható anyagmennyiség a termék használata után (lineáris),

M_r = Az újrahasznosítható anyagmennyiség a termék használata után (körkörös),

E_{in} : Az input oldal energiaárama (lineáris),

E_{out} : Az output oldal energiaárama (lineáris),

E_f = A termék létrehozása során felhasznált nem megújuló energiamennyiség,

E_s = A termék létrehozása során felhasznált megújuló energiamennyiség,

E_l = A termék használata utáni elhelyezéséhez felhasznált energia (lineáris),

E_c = A termék használata utáni újrahasznosításához felhasznált energia (körkörös).

A képlet összetevőinek leírása egy univerzális mintát tartalmaz, amely lefordítható bármilyen eset elemzéséhez. A lényege, hogy külön kezeli a rendszerekbe bekerülő és kimenő energia- és anyagáramokat. Ahogyan az a leírásban is látható, a lényeg, hogy az adott indikátorok mindig az input és output oldalon lejátszódó lineáris és körkörös folyamatok arányát fejezzék ki.

A következő két alfejezet azt mutatja be, hogy a CEV miként értelmezhető a harmadik és negyedik hipotézis vizsgálatához.

2.3.1. A CEV alkalmazása a decentralizált és központosított energiatermelési rendszerek közötti döntési helyzetben

Tekintettel arra, hogy összehasonlító elemzésről van szó, a CEV értéket mindkét esetre ki kell számolni. A költség-haszon elemzéshez hasonlóan ez az analízis is „BAU” és „Projekt” néven kezeli majd az egyes scenáriókat. Közülük a centralizált energiaellátási mechanizmus jelenti majd a BAU esetet, hiszen az jellemezi a hazai energiatermelés jelenlegi trendjeit. A Projekt verzió egy helyi energiaközösség működésének körforgásos karakterisztikáit veszi szemügyre. A következő leírás azt mutatja be, hogy a CEV egyes részein milyen indikátorok kerülnek majd felhasználásra:

Anyagoldali indikátorok:

- Input: Nem megújuló (lineáris) energiaforrások aránya
- Output: Erőművi energiaveszteségek aránya

Energiaoldali indikátorok:

- Input: Erőművi önfogyasztás aránya a megtermelt energiából
- Output: Energiaelosztás hálózati veszteségeinek aránya

2.3.2. A CEV értelmezése a nemzetközi hulladékkereskedelmi folyamatok vizsgálatában

A nemzetközi hulladékkereskedelem témaköre természetesen túl nagy területet jelent ahhoz, hogy a disszertáció mindössze egy hipotézisnek vizsgálatával átfogó képet nyújtson róla. A fókusz jelen esetben sokkal inkább arra irányul, hogy – az általában – a folyamat végén álló országok mennyire alkalmasak a rájuk háruló anyagáramok bezárására. A vizsgálat lefuttatásához a kenyai műanyagforgalom helyzete szolgált esettanulmányként. A minta kiválasztását az indokolja, hogy ez az ország vezetett be világviszonylatban elsőként szigorú szabályozást egy műanyag termék használata terén.

A CEV alkalmazásánál az jelentett kihívást, hogy a kenyai hulladékkezelő infrastruktúra esetében nem állnak rendelkezésre energetikai adatok. Ezért a kutatás során az anyagkörforgás kapott nagyobb szerepet. Ilyen esetekben általában anyagáram-elemzést készítenek, amely azonban nem elégséges a körforgásos teljesítmény méréséhez. Az ilyen elemzések fókuszában az áll, hogy lekövesse és feltérképezzen egy adott anyagáramot. Jelen esetben viszont egy olyan módszerre volt szükség, amellyel meghatározhatók a műanyagáram kezelésére szolgáló rendszerek input és output oldali hiányosságai. Az erre a célra kialakított, személyre szabott CEV módszertant mutatja be a 3. képlet.

$$CEV\% = 100 - \left(\frac{\begin{matrix} \text{MIM} & \text{MEX} & \text{LCM} & \text{CML} & \text{WCL} & \text{WPL} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \left(\frac{IM_{rm}}{T_{rm}} + \frac{EX_{mo}}{T_{mo}} \right) & + & \left(\frac{NR_{pw}}{T_{pw}} + \frac{NR_{rpw}}{T_{rpw}} \right) & + & \left(\frac{NC_{pw}}{T_{pw}} + \frac{NR_{cw}}{T_{cpw}} \right) \end{matrix}}{6} \right) \times 100 \quad (3)$$

ahol:

CEV%: Körkörös gazdasági érték,

MIM: Az importált nyersanyagok aránya a műanyaggyártásban,

IM_{rm} = Az importált nyersanyagok mennyisége a műanyaggyártásban,

T_{rm} = Az összes felhasznált nyersanyag mennyisége a műanyaggyártásban,

MEX: Az exportált műanyag termékek aránya a legyártott termékekből,

EX_{mo} = Az exportált műanyag termékek mennyisége,

T_{mo} = A legyártott műanyag termékek mennyisége,

LCM: A lineáris műanyagforgalom aránya az összes műanyag hulladékhoz képest,

NR_{pw} = A nem újrahasznosítható műanyag hulladékok mennyisége,

T_{pw} = Az összes műanyag hulladék,

CML: Az újrahasznosítható műanyagmennyiségből keletkező fogyasztási veszteségek,

NR_{rpw} = Az újrahasznosítható, de nem újrahasznosított műanyag hulladékok mennyisége,

T_{rpw} = Az összes újrahasznosítható műanyag hulladék mennyisége,

WCL: Az összegyűjtési veszteségek az összes műanyag hulladék arányában,

NC_{pw} = A nem összegyűjtött műanyag hulladékok mennyisége,

WPL: A feldolgozási veszteségek az összegyűjtött műanyag hulladékok arányában,

NR_{cw} = Az összegyűjtött, de nem újrahasznosított műanyag hulladékok mennyisége,

T_{cpw} = Az összes összegyűjtött műanyag hulladék mennyisége.

A következő fejezet egy olyan kvalitatív módszertant mutat be, amely alkalmas a dolgozat ötödik hipotéziséhez tartozó üzleti modellek körforgásos értékelésére.

2.4. Üzleti modellek értékelése a körforgásos gazdaság alapelvei szerint – A ReSOLVE keretrendszer

Az értekezésben a témával kapcsolatosan feldolgozott irodalom egyik fő tanulsága az volt, hogy nemcsak a körforgásos gazdaság rendelkezik eltérő értelmezésekkel, hanem az is, hogy mit érthetünk úgynevezett „Körforgásos Üzleti Modell” alatt. LEWANDOWSKI (2016) ezért összefoglalóan azt emeli ki, hogy körkörösnek tekinthető minden olyan üzleti struktúra, amely felépítésében érvényesülnek a körforgásos koncepció alapelvei. A munkájában egy olyan elméleti szerkezetet alakít ki, amely mentén körkörös üzleti modellek építhetők. Ehhez használja fel az ELLEN MACARTHUR ALAPÍTVÁNY (2015b) által meghatározott „ReSOLVE” keretrendszert (1. táblázat).

1. táblázat: A ReSOLVE keretrendszer felépítése

Tevékenység	Leírás
Regenerálás (Regenerate)	megújuló anyagok és energiák használata
	az ökoszisztémák egészséges működésének megőrzése, helyreállítása
	a visszanyert biológiai erőforrások visszajuttatása a bioszférába
Megosztás (Share)	a termékek hasznosságának növelése a használat, hozzáférés vagy tulajdonjog megosztásával
	a termékek élettartamának meghosszabbítása újrahhasználattal, karbantartással (pl.: javítás, felújítás) vagy tartós termékek tervezésével
Optimalizálás (Optimize)	az erőforrások felhasználásának optimalizálása a teljesítmény növelésével vagy bizonyos tevékenységek kiszervezésével
	a hulladékok eltávolítása az előállítási és ellátási láncokból
Áramoltatás (Loop)	az anyagáramok bezárása újragyártással, továbbhasználattal, újrahhasználattal vagy visszanyeréssel
Virtualizálás (Virtualize)	termékek vagy szolgáltatások digitális eszközökkel történő dematerializálása
Felváltás (Exchange)	új technológiák, anyagok vagy folyamatok használata

Forrás: LEWANDOWSKI (2016, p. 8-9.) és ELLEN MACARTHUR ALAPÍTVÁNY (2015b, p. 9.)

A táblázatból látható, hogy a ReSOLVE mozaikszót a körforgásos gazdaság által támogatott tevékenységek angol megnevezéseinek kezdőbetűi alkotják. Az ELLEN MACARTHUR ALAPÍTVÁNY (2015b) ebben a struktúrában összegezte a körkörös irányzat legfontosabb elveit és azt, hogy azok milyen folyamatokon keresztül érhetők el. LEWANDOWSKI (2016) ezt a szerkezetet jelöli ki kritériumrendszerként a körforgásos üzleti modellek értékeléséhez/építéséhez. A disszertáció az analízis során ezért ezt a módszert használja fel arra, hogy értékelje a gyógyszeripari biotechnológia ágazatának üzleti modelljeit. A módszer kvalitatív jellegéből adódóan megfelelő eszközt nyújt az egyes üzleti struktúrák szakirodalmon alapuló elemzéséhez.

A kutatáshoz felhasznált anyagok és módszertanok bemutatása után a következő fejezet ismerteti a vizsgálatok során kapott eredményeket.

3. EREDMÉNYEK

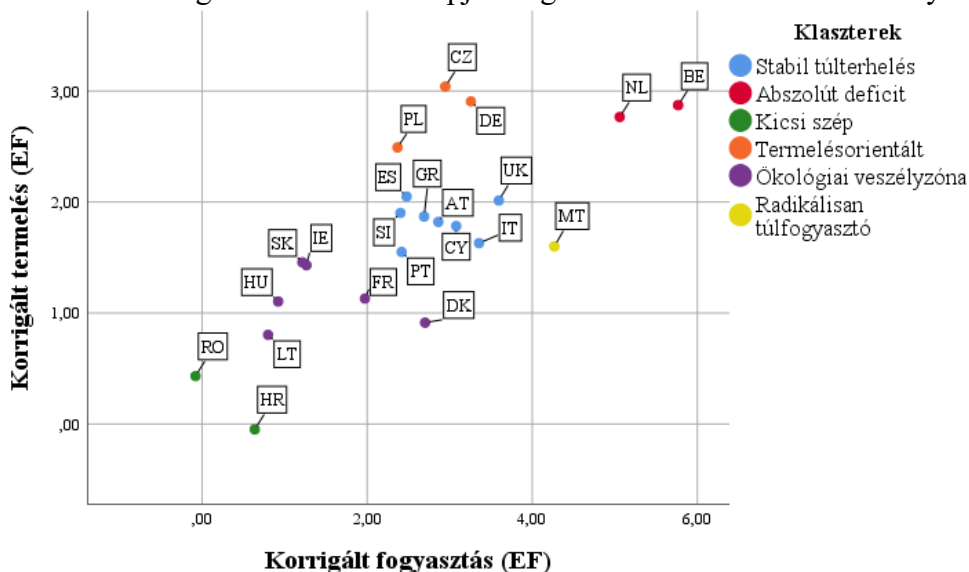
Az alábbi fejezet a korábban felállított hipotézisek vizsgálatának eredményeit mutatja be. Az öt hipotézis öt külön részben kerül tárgyalásra, majd a hatodik alfejezet összegzi az elemzés során előállított legfontosabb tudományos eredményeket.

3.1. Anyagkörforgási összefüggések elemzése az Európai Unió tagállamaiban

A disszertáció elsődleges fókuszterülete a körkörös gazdaság gyakorlati megvalósítása során felmerülő ellentmondásokra irányul. Ehhez kapcsolódik a dolgozat első hipotézise (H1), amely az anyaghasználati rendszerek körforgásos átalakításával foglalkozik. Az ehhez tartozó analízis arra keresi a választ, hogy a hatékony anyag-felhasználásra és az anyagáramok bezárására létrehozott kapacitások rendeltetésszerűen működnek-e, vagy esetleg megfigyelhetők-e anomáliák ezekben a rendszerekben.

Az elemzést azzal kezdtem, hogy kiszűrtem a szélsőséges értékkel rendelkező elemeket, amely után 22 EU tagállam maradt bent a vizsgálatban. Ezeket az országokat klaszterekbe rendeztem aszerint, hogy a rendelkezésükre álló ökológiai kapacitásokhoz képest milyen mértékben használnak fel erőforrásokat termelési és fogyasztási célokra (1. ábra).

1. ábra: A korrigált EF mutatók alapján végzett klaszteranalízis eredményei



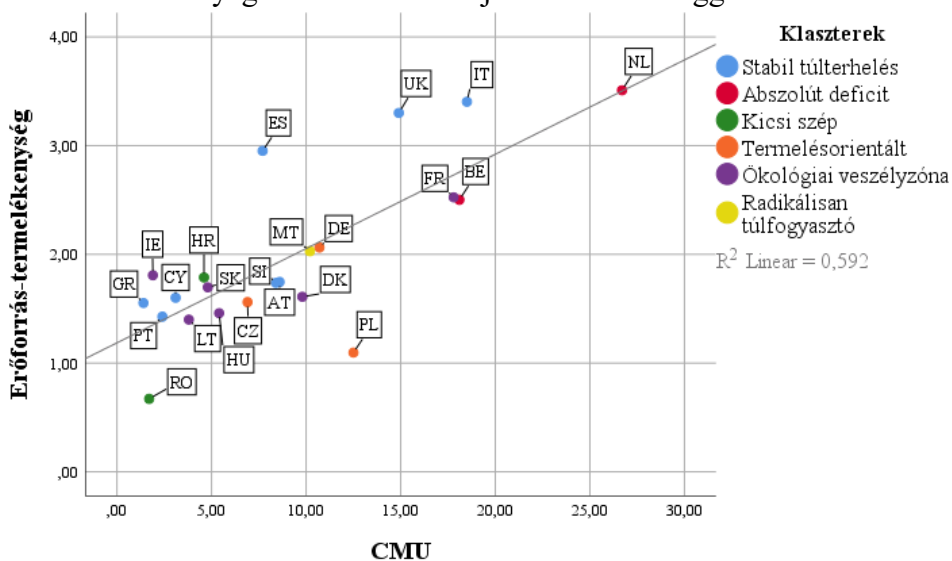
Forrás: Saját vizsgálat a GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2018) adatai alapján

Az ábrán látható, hogy az EU-s nemzetekre általánosan jellemző az ökológiai deficit fennállása. A mátrix zérusától jobbra és felfelé haladva ez a deficit egyre nagyobb méreteket ölt.

Az anyagforgalmi adatok korrelációanalízise szempontjából az első szembetűnő eredményt az elemzésben résztvevő országok egy főre jutó alapanyag-felhasználása és az annak arányában keletkező hulladék mennyisége jelentette. A két mutató közötti kapcsolat ugyanis negatív irányú ($r: -0,57$; $p < 0,01$) volt, ami azt jelenti, hogy anyaghasználat növekedésével az országok egyre kevesebb hulladékot termelnek. Ehhez hasonló korreláció figyelhető meg az azonos hulladékarány mutató és az országok erőforrás-termelékenysége között ($r: -0,82$; $p < 0,01$). Ez az összefüggés arra utal, hogy a hatékonyabban termelő országok esetében keletkezik a legtöbb hulladék.

Bár ez a két korreláció önmagában ellentmondásos viszonyokat feltételez, egy körforgásos gazdaságban ezek a folyamatok alapvetésnek is számíthatnak. Ugyanis a hulladékok intenzív visszaforgatásával csökkenthető az elsődleges nyersanyagok felhasználása, amellyel egyben a termelékenységi mutatók is javulnak. Ennek az újrahásznosítási volumennek a szerepét illusztrálja a 2. ábra.

2. ábra: A vizsgált országok erőforrás-termelékenységének és a körforgásos anyaghasználati mutatójának az összefüggése



Forrás: Saját vizsgálat GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2018) és EUROSTAT (2018) adatok alapján

Az ábrán az látható, hogy az erőforrás-termelékenység egy másik fontos kritériuma a körforgásos anyaghasználat. Tehát hiába termelnek egyes országok sok hulladékot, mégis képesek a hatékony működésre, mert a másodlagos nyersanyagok visszaforgatásával váltják ki az elsődlegesek felhasználását. Így a

korrelációanalízis eredményei első ránézésre azt mutatják, hogy az anyaghasználat tekintetében nem jelentkeznek olyan fejlesztési anomáliák, mint például az energiafelhasználás tekintetében a visszapattanó hatás.

Ám az ábra alapján mégsem állítható az, hogy a leghatékonyabb országok követendő példaként szolgálnak a többiek számára. Az előzetesen kialakított klaszterekből látható, hogy a jó anyagkörforgási mutatókkal rendelkező országok rendelkeznek a legnagyobb ökológiai deficittel. Azaz hiába váltják ki az elsődleges nyersanyagokat viszonylag hatékonyan visszaforgatott materiákkal, az előbbiből még így is túl sokat használnak fel. Ez az összefüggés arra utal, hogy az anyagforgalom fenntarthatóságának megítélésekor nem elegendő a másodlagos nyersanyagok arányának a figyelembe vétele, számolni kell a rendszerek ökológiai korlátjaival is.

Ezen gondolatmenet alapján hoztam létre egy olyan indikátort, amely azt mutatja meg, hogy egy ország alapanyag-felhasználásában milyen arányban kellene állnia az elsődleges és másodlagos nyersanyagoknak ahhoz, hogy azzal a biokapacitásán belül maradjon. Az így kapott mutatót Ökológiai Körforgás Indexnek (a továbbiakban: ECI) neveztem el, melynek a számítási mechanizmusa a 4. képleten látható.

$$ECI = \frac{U + \left(DMC - \left(\frac{BC}{EF} \times DMC \right) \right)}{M} \quad (4)$$

ahol:

ECI: Ökológiai Körforgás Index,

U: Másodlagos nyersanyagok felhasználása,

DMC: Hazai elsődleges nyersanyagok felhasználása,

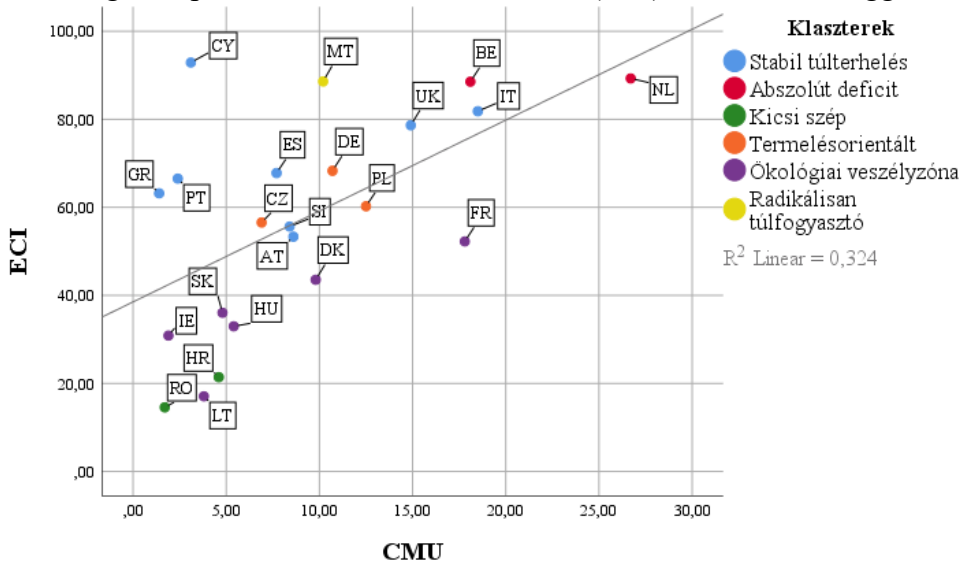
BC: Ökológiai kapacitás,

EF: Ökológiai lábnyom,

M: Összes felhasznált anyagmennyiség.

A képlet alapján kiszámítottam minden, a vizsgálatban résztvevő ország ECI értékét, melyet összevettem a jelenlegi körforgásos anyaghasználatot mutató CMU-val. A két indikátor közötti összefüggést illusztrálja a 3. ábra. Az eredményekből látható, hogy a körforgásos anyaghasználat terén vezetőnek számító országok még a kedvező értékek mellett is jelentősen le vannak maradva attól, amilyen szinten teljesíteniük kellene. Ezzel szemben a CMU indikátor által alulértékelt EU tagállamok közel sem mutatnak olyan mértékű teljesítménybeli deficitet, mint a többi nemzet. Ez az átváltási jelenség pedig általánosnak tekinthető, hiszen az Eurostat CMU adatai és az analízisben kapott ECI értékek között közepes, erősen szignifikáns pozitív statisztikai korreláció áll fenn ($r: 0,56$; $p < 0,01$).

3. ábra: A vizsgált országok körkörös anyaghasználata (CMU) és annak az ökológiai kapacitásukkal módosított értéke (ECI) közötti összefüggés



Forrás: Saját vizsgálat GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2018) és EUROSTAT (2018) adatok alapján

A témában folytatott kutatás alapján kijelenthető, hogy a dolgozat első hipotézise (H1) igazolást nyert. A körkörös fejlesztések során nem elégséges csupán a hatékonyságot jelző mutatók figyelembevétele, hiszen ez az egysíkú fókusz téves következtetésekhez vezet. Az anyagkörforgás teljesítményének mérésekor számolni kell azzal, hogy egy adott rendszernek milyen mértékben állnak rendelkezésére erőforrások és azokat miként használja fel.

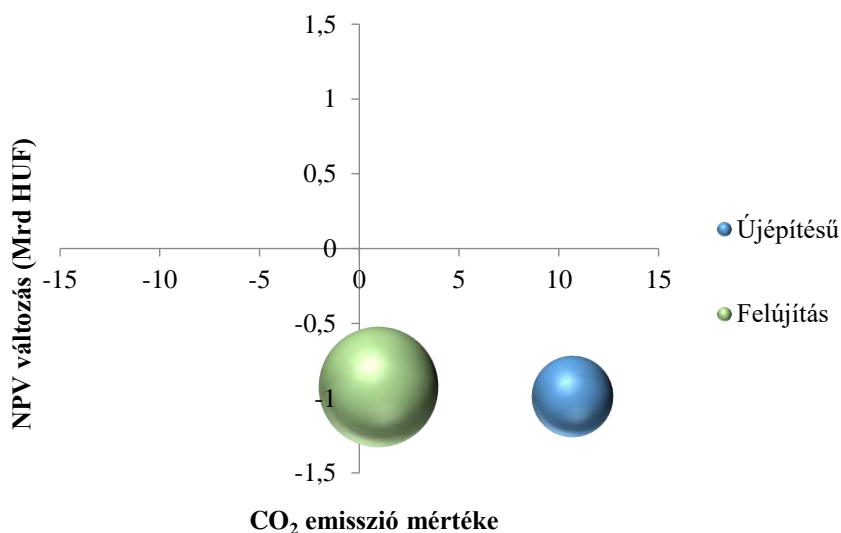
Az első hipotézishez tartozó eredmények összefoglalása után a következő fejezet a második hipotézis analizisét mutatja be.

3.2. A hazai épületmodernizációs stratégiák gazdasági és környezeti szempontú megítélése

Az épületállomány modernizálási lehetőségeinek környezeti és gazdasági elemzése alapvetően abból a problematikából indult ki, hogy Magyarországon is érdemes-e követni a nyugaton trendnek számító épületfelújítási hullámot. A disszertáció kettes hipotézise (H2) azt feltételezte, hogy a renoválási scenárióval hatékonyabban érhetőek el a hosszú távú környezetvédelmi célkitűzések. Tekintettel arra, hogy az alkalmazott CBA modell az ÜHG emisszió keresztül képes volt az externáliák pénzügyi elszámolására, lehetőség nyílt a stratégiák környezeti hasznainak gazdasági értékelésére.

Az 4. ábrán illusztrált „relatív karbonköltség mátrix” lehetővé teszi a „Felújítási” (zöld buborék) és az „Újépítésű” (kék buborék) scenáriók összehasonlítását azok pénzügyi (X tengely) és klímavédelmi (Y tengely) aspektusán keresztül. A mátrix pozicionálási logikája értelmében az X tengelyen balról jobbra való haladás a pénzügyi megtérülés javulását jelenti, az Y tengelyen pedig a fentről lefelé történő elmozdulás az ÜHG emisszió csökkentésének a mértékét jelzi. A buborékok nagysága a projektek forrásigényét mutatja, azaz, hogy a 2020-2030-as időszakban mekkora költséget jelent 1 tonna CO_{2e} megtakarítás vagy többletkibocsátás. Tehát a nagyobb méret nagyobb költségekre utal. Így látható válik, hogy az újépítésű épületekre alapozott modernizálás egyértelműen kedvezőbb értékeket produkál mind gazdasági, mind környezeti oldalról. A felújítási irányzat ugyanis nagyobb fajlagos beruházást igényel, melynek a megtérülése jelentősen elmarad az újépítésű verziótól. A gömbök méretéből pedig látható, hogy a karbonhatékonyság mértéke több mint kétszeres az új épületekre alapozó forgatókönyv esetében.

4. ábra: Az elemzésben résztvevő forgatókönyvek relatív karbonköltségei



Forrás: Saját kalkuláció a NÉS (NFM 2015) adatai alapján

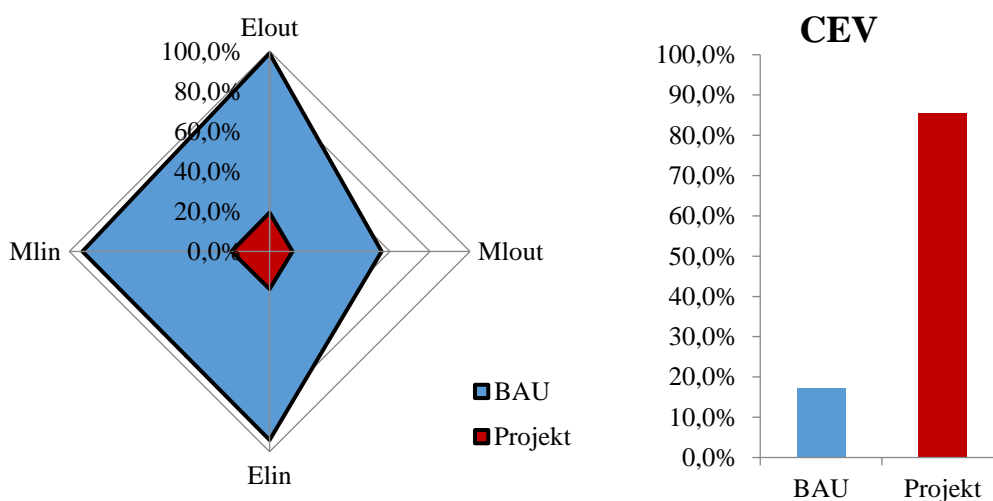
Az externáliák pénzügyi elszámolásán alapuló költség-haszon elemzés alapján ezért megállapítható, hogy a disszertáció második hipotézise (H2) helytelen. A magyar épületállomány energetikai felújítása nem bizonyul költséghatékonyabb megoldásnak a hosszú távú környezetvédelmi célok elérése terén, összehasonlítva azt az épületek újraépítését célzó stratégiával.

A hipotézis értékelése után a következő rész a dolgozat harmadik hipotézisének vizsgálatát mutatja be.

3.3. Energiatermelési rendszerek körforgásos gazdasági értékelése

A disszertáció harmadik hipotézise (H3) azon a feltételezésen alapszik, mely szerint a lakosság energiaellátását központosított termelési rendszerek helyett decentralizált, kisebb erőművek alkalmazásával lenne célszerű megvalósítani. Ehhez természetesen hozzátartozik a megújuló energiaforrások helyi szintű preferenciája is. A két termelési rendszer körforgásos szempontrendszer szerint történő értékelése az 5. ábrán látható.

5. ábra: A BAU és Projekt változatok CEV értékei és azok összetevőinek illusztrációi



Forrás: Saját szerkesztés a REKK (2009) és a MAVIR (2014) tanulmányok adatai alapján

Az összehasonlító elemzés két esetet vesz alapul. Az egyik, amelyben a 20 MW teljesítményű napelempark megépül, és egy feltételezett mintaközösség energiaellátásának 80%-áért felel. Ez a verzió a továbbiakban „Projekt” néven fog szerepelni. A másik változatban a megújuló energiapark üzembe helyezése nem történik meg, és a mintaközösség teljes mértékben a magyar energiamixre (49% fosszilis, 43% hasadóanyag, 8% megújuló) hagyatkozik. A leírás erre „BAU”-ként fog hivatkozni. Fontos kikötés, hogy a BAU energiamixet a Projekt verzióban is figyelembe kell venni, mivel az fedezi az energiaigény 20%-át. Ezért a Projektnél a CEV komponensek lineáris-körforgásos arányszámításánál szükség van az értékek súlyozására, ahhoz mérten, hogy mennyivel módosul az energiaforrások aránya.

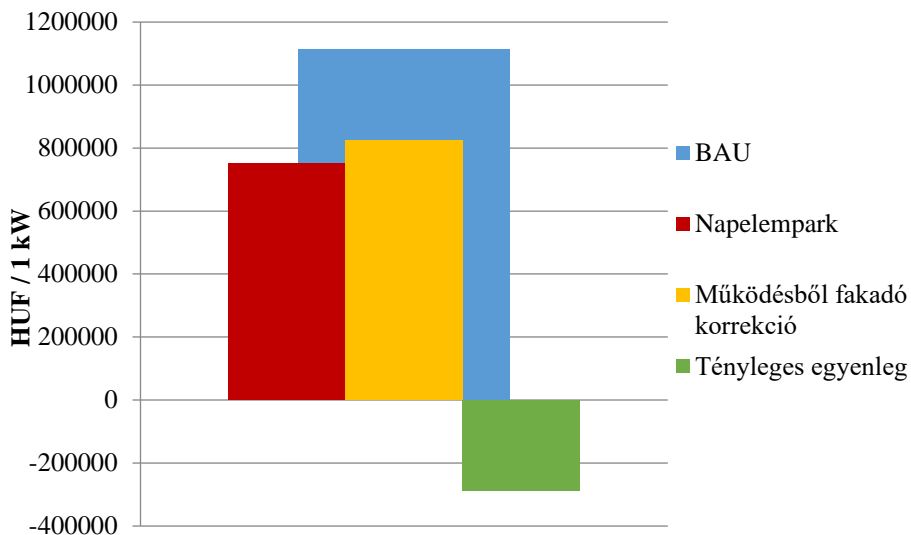
Az ábrán látható, hogy a BAU-ban reprezentált energiamix csak szegényes arányban tartalmaz körforgásos motívumokat (CEV=17,3%). Ez nem meglepő,

hiszen az elektromos áram termelésének mindössze 8%-a kerül ki megújuló energiaforrásokból, melyek javíthatnák ezeket az értékeket. Ezzel ellentétben a napelemparkra épülő Projekt változat a körkörösség magas fokán áll (CEV=85,5%). Az elmaradó hányad abból adódik, hogy a teljes energiaellátásra nem alkalmas a napelempark, így 20%-os részarányban a BAU energiamixre kell támaszkodni. A CEV analízis eredményei azonban csak részben reflektálnak a megújuló és nem megújuló energiaforrások közötti fenntarthatósági különbségekre. Egy másik aspektus a vizsgált rendszerek termelési hatékonysága, amelyet a robosztus erőművekre alapozott, központosított ellátásnál jelentősen lerontanak az önfogyasztási és veszteségi mutatók. Ez a jelenség érvényes mind az energia-, mind az anyagkörforgás kérdéskörére.

A környezeti aspektusok körkörös szempontú vizsgálata után az elemzés fontos részét képezi a pénzügyi megtérülés kimutatása. Az erre felhasznált módszer a hagyományos költség-haszon struktúrán alapszik, és azt mutatja meg, hogy a BAU és Projekt változatok esetében hogyan változik az 1 kW energiatermelő kapacitásra jutó költséghatékonysági mutató. Az erre vonatkozó energiaárak kiszámításának alapját az NREL (2012) és a MAVIR (2014) tanulmányai szolgáltatták.

A költség-haszon elemzés első lépéseként a magyar energiamix (BAU) által előállított 1 kW energia átlagos tőkekölsége kerül fókuszba. Ez az érték a hazai kapacitás jellemzői alapján megközelítőleg 1 112 740 HUF. Egy napelempark működése esetében ez az összeg 752 250 HUF lenne, ám a Projekt változat kalkulációjánál korrigálni kell ezt az értéket a 20%-os BAU energiamix felhasználásával. Így az esettanulmány mintaközösségének energiaellátásához társuló tőkekölség 824 348 HUF lesz. Tehát a jövőre vonatkozó beruházások esetén látható, hogy a magyar technológiai adottságok és a hasznosított energiamix figyelembevételével az 1 kW egységre számolt költséghatékonysági mutató a napenergia hasznosítását indokolja. A felsorolt értékek összehasonlító illusztrációját a 6. ábra jeleníti meg.

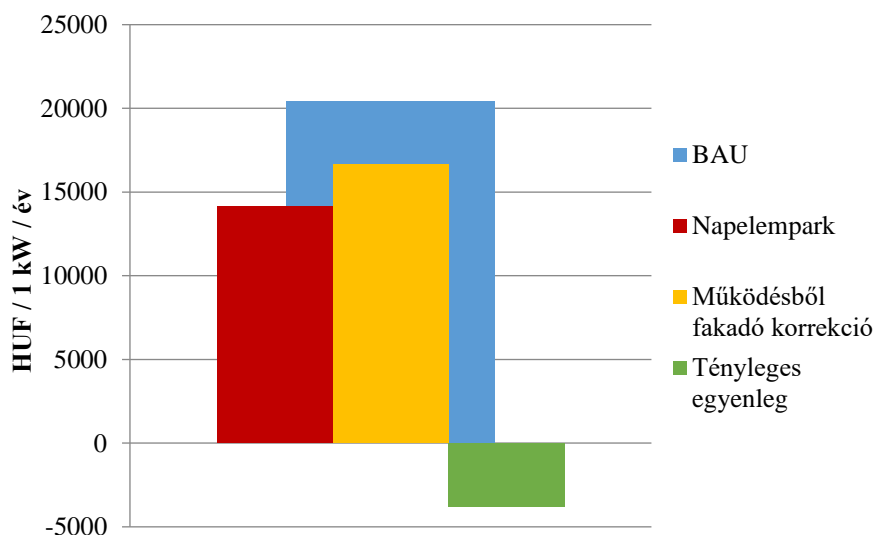
6. ábra: 1 kW energiatermelő kapacitás tőkekölsége



Forrás: Saját kalkuláció az NREL (2012) előrejelzései és a MAVIR (2014) adatai alapján

Az 1 kW energiatermelő kapacításra vonatkozó karbantartási és javítási költségek összefoglalása – az eddigi logika alapján – a 7. ábrán látható.

7. ábra: 1 kW kapacitás éves karbantartási és javítási költsége



Forrás: Saját kalkuláció az NREL (2012) előrejelzései és a MAVIR (2014) adatai alapján

A BAU változatban ez az érték 20 427 HUF, míg a Projekt verzióban 16 667 HUF. Tehát a mintaprojekt által előállított energia éves szinten 3 761 HUF

egységnyi megtakarítást kínál a jelenlegi viszonyokhoz képest. A beruházási és a fenntartási aspektusoknál ezért megállapítható, hogy a vizsgálati feltételek mentén kialakított energiapark a tőkeköltés terén 25,9%-al, míg a működési költségek esetében 18,4%-al jelentene hatékonyabb megoldást a jelenlegi energiarendszer nyújtotta feltételeknél.

A lefolytatott vizsgálat környezeti része jelezte, hogy a központosított és helyi energiaellátási rendszerek összehasonlítása túlmutat a megújuló és nem megújuló erőforrások közötti különbségeken. A centralizált energiaelőállítás több más szempontból is hátrányosnak tekinthető a körforgásos gazdaság alapelvei szerint. Az energiahatékonysági mutatókkal korrigált költségtényezőknél pedig látszik, hogy a helyi kezdeményezések a környezeti aspektusok mellett gazdaságilag is kedvezőbb értékeket produkálnak. Az eredmények alapján ezért a disszertáció harmadik hipotézise (H3) elfogadásra kerül.

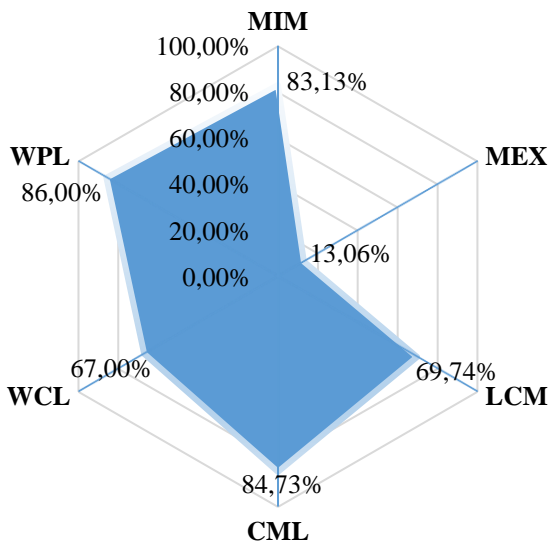
Ezek után a következő fejezetben a negyedik hipotézis analízise kerül fókuszba.

3.4. A nemzetközi hulladékkereskedelem szerepének elemzése a körforgásos gazdaságban

A nemzetközi hulladékkereskedelmi piacok sokáig jelentős szerepet játszottak a világ fejlett országaiban kialakított fogyasztói társadalmak fenntartásában. Ez abból adódik, hogy ezen folyamatok kezdeményezői általában a magas jövedelemszinttel rendelkező országok voltak, míg a fogadó szereplők a legtöbbször a fejlődésben lemaradt államok. A körforgásos gazdaság egyesek szerint nemcsak az erőforrás-szűkösség elleni harcban válik egyre fontosabbá, hanem ezeknek a hulladékpiacoknak az összeomlása miatt is (RAMKUMAR ET AL. 2018). A disszertáció negyedik hipotézise (H4) azonban túlmutat a jelenkorban zajló folyamatokon, és azt feltételezi, hogy a nemzetközi hulladékkereskedelem a várható piaci összeomlástól függetlenül sem felel meg a körforgásos gazdaság értékrendszerének.

Az állítás jogosultságának bizonyításához szükséges a körkörös gazdasági érték kiszámítása, amelynek – az anyag és módszer fejezetben leírtak szerint – a kenyai főváros, Nairobi áll majd a középpontjában. A vizsgálat a város műanyagforgalma alapján határozza meg a helyi hulladékkezelési rendszerek hatékonyságát. A CEV kalkuláció eredményei a 8. ábrán láthatók. A CEV részértékei azt mutatják, hogy a rendszer – egy aspektus kivételével – szinte minden ponton nagymennyiségű szivárgást produkál. Ezeknek a lineáris folyamatoknak az átlaga 77,28%, ami azt jelenti, hogy a rendszer körkörös gazdasági értéke 32,72%-on áll. Ennek alapján elmondható, hogy a helyi technológiai feltételek alkalmatlanok a fenntartható anyagáramok megteremtésére.

8. ábra: A műanyagáram körkörös gazdasági jellemzői Nairobiban



ahol:

MIM: Az importált nyersanyagok aránya a műanyaggyártásban,

MEX: Az exportált műanyag termékek aránya a legyártott termékekből,

LCM: A lineáris műanyagforgalom aránya az összes műanyag hulladékhoz képest,

CML: Az újrahasznosítható műanyagmennyiségből keletkező fogyasztási veszteségek,

WCL: Az összegyűjtési veszteségek az összes műanyag hulladék arányában,

WPL: Feldolgozási veszteségek az összegyűjtött műanyag hulladékok arányában.

Forrás: Saját kalkuláció WANJIKU MUKUI (2015) adatai alapján

A CEV érték alacsony eredménye nem meglepő az egyes pillérek gyenge teljesítményének láttán. A termelés nagymértékben hagyatkozik külső erőforrások importjára (MIM: 83,13%), miközben a belső anyagáramok viszonylag sok másodlagos nyersanyagot kínálnak. Egyedül területi szivárgás veszélye nem áll fenn, mivel a legyártott műanyag termékek mindössze 13,06%-a (MEX) kerül exportra.

További gondot jelent, hogy a forgalomba kerülő áruk 69,74%-a (LCM) nem alkalmas a fogyasztás utáni újrahasznosításra. Ebben az esetben a helyi hatóságoknak kell felmérnie azt, hogy ez a használatukból ered-e (pl. ételhordás miatti szennyezés stb.), vagy eleve az alapanyagok minőségi szerkezetével van a gond. Egy erre az aspektusra kiterjedő adatbázis létrehozása megmutatná, hogy a felhasználási célon szükséges-e változtatni vagy a gyártási folyamatokon. Azonban ennél is nagyobb problémát jelent, hogy a rendszer szinte teljes mértékben hagyja elveszni azt a fennmaradó hányadot (CML=84,73%), amelyet újra lehetne hasznosítani.

A WCL és WPL értékek megmutatják, hogy ezt a szivárgást a hulladékkezelési rendszerek elégtelenségé okozza-e. Az előbbi 67%-os értéke arra utal, hogy a létrejött hulladékoknak csak az 1/3-a jut el a feldolgozó rendszerekig, a többi

teljesen kívül esik azok operatív határain. A WPL-ből (86%) viszont az látszik, hogy a feldolgozási folyamatig eljutó műanyag hulladékok jelentős része végül lineáris módon, lerakás vagy égetés során kerül ártalmatlanításra.

Végezetül, a CEV vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a disszertáció negyedik hipotézise (H4) valósnak bizonyult. Azaz, a hulladékok nemzetközi kereskedelme nem megfelelő módja az anyagáramok bezárásának, mivel a fogadó országok újrahasznosítási kapacitásai alkalmatlanok az importált anyagok feldolgozására.

A következő részben a dolgozat ötödik hipotéziséhez tartozó vizsgálat kerül bemutatásra.

3.5. A körforgásos üzletimodell-innovációs trendek vizsgálata a biotechnológia-iparban

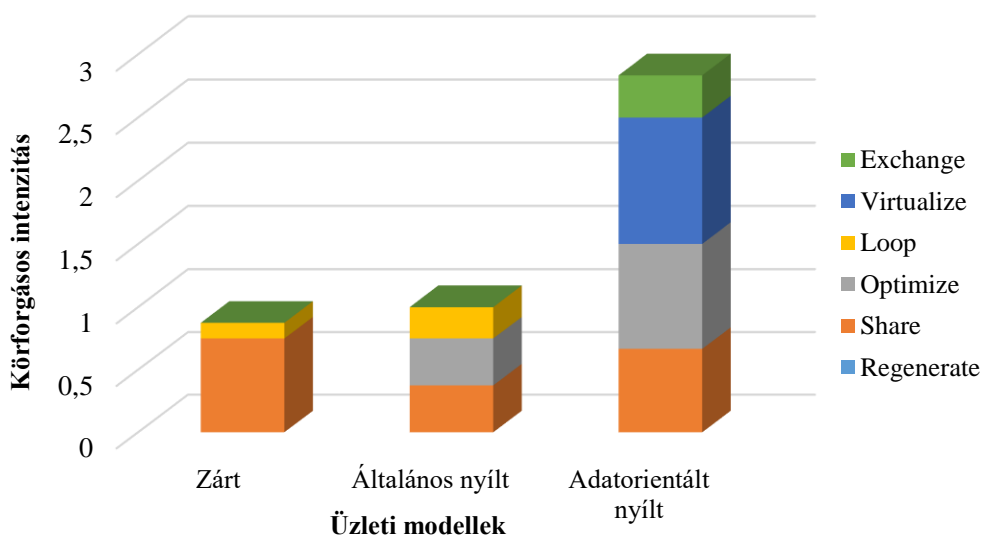
Az értekezés ötös hipotézisének (H5) vizsgálatánál arra kerestem a választ, hogy vajon a piaci szereplők ténylegesen egy újonnan megjelenő piaci kihívásként tekintenek-e a körforgásos gazdaságra, mintsem egy új fenntarthatósági paradigmára, amely környezeti és társadalmi terheket ró majd rájuk. Ehhez korunk egyik leginnovatívabb iparágának, a gyógyszerészeti biotechnológiának a tendenciáit vettem alapul, melyről az irodalmi tanulmányok alapján tudtam, hogy az elsők között reagál a változó piaci körülményekre. Az ágazat üzleti modelljeinek a tekintetében az elmúlt 3 generáció változásait vettem szemügyre, arra fókuszálva, hogy az újonnan megjelenő struktúrák miként reagálnak a körforgásos gazdaságban megfogalmazott alapelvekre.

Az elemzés eredményeit az 9. ábra illusztrálja aszerint, hogy a ReSOLVE komponensek milyen intenzitással fordultak elő az egyes üzletimodell-generációkban. Eszerint az egy üzleti modellre jutó körforgásos építőelem a zárt struktúrák (1. generáció) idejében 0,875 volt, az általános nyíltaknál (2. generáció) 1, az adatorientált formák (3. generáció) esetében pedig 2,83. Az ábrán ezek az értékek részletezve jelennek meg. Látható, hogy a zárt modellek korszakában még kevésbé volt szükség körkörös eszközökre. Ekkor a vertikális integráción alapuló méretgazdaságosság dominált. Azaz a gazdasági érdekek érvényesítésekor az erőforrások optimális felhasználása még kevésbé jelentett meghatározó szempontot. A kisvállalatok K+F tevékenységek elvégzésével próbálták piaci relevanciát szerezni maguknak. A megfelelő mennyiségű pénzügyi források hiányában megfigyelhető volt az is, hogy egyesek a termékfejlesztés végén eldobott termékekkel kezdtek dolgozni – pénzt és időt spórolva ezzel.

Az üzleti modellek kinyílása volt az első jele annak, hogy az értéklánc egészére fókuszáló, nagyvállalati termelés kora lejárt. Egyre nagyobb teret nyert az erőforrás-optimalizálás igénye és megnőtt a KKV-k szerepe.

Ám az igazi áttörést azok az üzleti modellek hozták meg, amelyek nemcsak eszközként, hanem a vállalati profiljuk központi elemeként használtak fel virtuális készülékeket. A digitális innováción és az adatforradalmon alapuló új üzleti struktúrák hatékonyabban működnek mind gazdasági, mind környezeti szempontból. Az analízis pedig kimutatta, hogy ez a két aspektus erősen összefügg egymással.

9. ábra: A körforgásos elemek intenzitása a gyógyszeripari üzleti modellek egyes generációiban



Forrás: Saját szerkesztés (2019)

Az eddigi elemzésből látható, hogy az újgenerációs biotechnológiai üzleti modellek nem a fenntarthatósághoz való elkötelezettség szellemében integrálnak körforgásos elemeket a működésükbe. Ezt sokkal inkább piaci alapú megfontolásból teszik, a versenyképességük növelése érdekében. Ez igazolja a dolgozat ötödik hipotézisének (H5) az érvényességét. Azaz, a körforgásos gazdaság alapelveinek relevanciája kimutatható az üzleti élet egyik legmeghatározóbb és leggyorsabban fejlődő ágazatában. Ez pedig abból ered, hogy a koncepció nem csupán egy új fenntarthatósági paradigmát jelent, hanem a fennmaradás feltételét a megváltozott piaci körülmények között.

Mivel a vizsgálat lezárásával a disszertáció során felállított összes hipotézisre sikerült egyértelmű eredményeket találni, az elemzés befejezettnek tekinthető. Az

eddig elhangzottak összefoglalásaként a következő fejezet összegezi a munka során előállított új és újszerű tudományos eredményeket.

3.6. Új és újszerű tudományos eredmények

A dolgozatban kijelölt két irányvonal (gyakorlati ellentmondások, fenntarthatósági kérdések) elemzése mentén öt különböző tématerületet jártam körbe. A velük kapcsolatos célkitűzések alapján olyan hipotéziseket fogalmaztam meg, amelyek bizonyítása vagy elvetése fontos szakmai kérdésekre ad választ. Mivel ezekben a specifikus témakörökben a tudományos közösség még nem foglalt egyöntetűen állást, eredményeim új tudományos eredményt, vagy legalábbis újszerű tudományos megközelítést jelentenek. Az átláthatóságuk érdekében a jelen fejezetben röviden, pontokba szedve foglalom össze ezeket az eredményeket.

1. Ha az anyagkörforgás megteremtésében – a fogyasztás csökkentése vagy a termékélelciklus elnyújtása helyett – túlzott szerepet kapnak a cikluszáró mechanizmusok, akkor a körkörös fejlesztések jelentős holtteher veszteséghez vezethetnek. Ennek kimutatására létrehoztam egy új anyagforgalmi indikátort, amely a rendszerek hatékonyságát azok ökológiai korlátjai alapján méri. A kidolgozott módszertannal elvégzett elemzés bebizonyította, hogy az újrahasznosításban élenjáró országok teljesítménye marad el a leginkább attól a szinttől, amely szükséges az ökológiai deficitjük kiegyenlítéséhez. Ezért, ha kizárólag az anyagáramok bezárása (avagy az újrahasznosítás) kerül a körforgásos átalakulás fókuszába, az olyan anomáliához vezet az anyaghasználat terén, mint az energiefelhasználás esetében kimutatott visszapattanó hatás.

2. Az externáliák monetarizálásán alapuló költség-haszon elemzés eredményeivel kimutattam, hogy a hazai épületállomány ÜHG kibocsátásának csökkentése úgy érhető el hatékonyan, ha a 2020 utáni fejlesztési stratégia nem a régi épületek modernizációjára, hanem új épületekkel, új technológiai megoldások bevezetésére fókuszál. Elvettem azt a feltételezést, mely szerint a felújítás gazdaságilag és környezetileg a leghatékonyabb módja a magyar épületszektor modernizálásának, illetve az ide vonatkozó klímavédelmi célok elérésének.

3. Körkörös gazdasági értékvizsgálattal (Circular Economic Value – CEV) kimutattam, hogy a lokális rendszerekben nemcsak csökkenthetők az anyag- és energiaveszteségek, hanem elkerülhetők is egyben. A nagyméretű rendszerek több olyan szivárgási pontot tartalmaznak, melyek a lokális formában csak kisebb mértékben vagy egyáltalán nem jelennek meg. A decentralizált, megújuló erőforrásokkal működő közösségi energiatermelés gazdasági és környezeti szempontból is kedvezőbb feltételeket kínál az energia előállítására, mint a központosított rendszerekben, mivel az externáliák elkerülése ezekben a rendszerfolyamatokban kimutathatóan hatékonyabb.

4. A hulladékhasznosítás fejlődő országokba irányuló nemzetközi trendjei nem illeszkednek a körforgásos gazdaság által elfogadható struktúrába. Ezekben a rendszerekben a helyi kapacitások alacsony hatékonysággal gyűjtik össze, kezelik és forgatják vissza a használt anyagokat az újrahasznosítás folyamataiba, mely révén a keletkező externáliák szintje kiemelkedően magas. Kimutattam, hogy az újrahasznosítható műanyag hulladékok ilyen módon történő kezelése döntően lineáris folyamatnak minősül.

5. Korunk egyik leginnovatívabb iparágának – a belga gyógyszerészeti biotechnológia szektornak – változási tendenciáit vizsgálva bizonyítottam, hogy az üzleti modellek evolúciójában a körforgásos átalakulás jelei a szerves fejlődés részét képezik. Az újgenerációs modellek fokozott mértékben tartalmaznak körkörös elemeket a korábbi struktúrákhoz képest. Igazoltam, hogy a körforgásos gazdaságra való áttérés az üzleti életben nemcsak egy új fenntarthatósági paradigma adaptálását jelenti, hanem a piaci elvárásoknak való megfelelést.

A tézisek megfogalmazása után a 2. táblázat foglalja össze, hogy az eredmények alapján miként értékelhetők a kutatás elején megfogalmazott hipotézisek.

2. táblázat: Az értekezés hipotéziseinek az értékelése az eredmények tükrében

A hipotézis sorszáma	A hipotézis rövid tartalma	A hipotézis értékelése
1.	A visszapattanó hatás feltételezése az anyaghasználat hatékonysági fejlesztése során	Igazolt
2.	A magyar épületállomány modernizálása hatékonyabb az épületek renoválásával, mint azok újakra cserélésével	Elvetett
3.	A decentralizált energiatermelési rendszerek hatékonyabban működnek a központi formához képest	Igazolt
4.	A hulladékok fejlődő világba történő exportja lineáris folyamatokat támogat	Igazolt
5.	A körforgásos átalakulás kimutatható az üzleti modellek fejlődésében	Igazolt

Forrás: Saját szerkesztés (2019)

A dolgozat új és újszerű tudományos eredményeinek az összegzése után a következő fejezet azokat a főbb következtetéseket foglalja össze, melyeket a későbbi kutatások során szükséges figyelembe venni.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A dolgozat fókuszában a körforgásos gazdasági koncepció átfogó elemzése állt, amely azután hívta fel magára a döntéshozók figyelmét, hogy az Európai Unió 2015 decemberében hosszú távú stratégiai célként tűzte ki a megvalósítását. Az értekezés célrendszere azon alapult, hogy támpontot adjon a kezdeményezés gyakorlati alkalmazásához. Ezt megelőzően szükségesnek tekintetem a fogalom tudományos háttérének tisztázását, a körkörös koncepciót ugyanis máig számos tévhit övezi. A témában feldolgozott irodalom azt mutatta, hogy a népszerűen hangoztatott tevékenység, az „anyagáramok bezárása”, önmagában nem a legfontosabb szempont a körkörös gazdaságban. A dolgozatban részletesen elemeztem a „körforgásos tevékenységek prioritási rendszerét”, amelynek az volt a tanulsága, hogy az anyagáramok életciklusát meg is lehet hosszabbítani, és ami még fontosabb, meg lehet előzni a kialakulásukat. Tehát a leghatékonyabb mód a hulladékok eltüntetésére nem feltétlenül a termelési és fogyasztási rendszerekbe való visszaintegrálásuk, hanem az, ha elkerüljük a kialakulásukat.

A dolgozat elsődleges célkitűzésében (C1) azért fókuszáltam erre a témakörre, mert ez a radikális felfogás máig megosztja a szakma képviselőit. Az értekezés első számú eredményének az volt az egyik legfontosabb tanulsága, hogy a körforgásos átalakulás régióként – vagy akár országokként – eltérő értelmezést kap. Látható volt, hogy az intenzív gazdasági tevékenységgel vagy szűkös biokapacitással (esetenként mindkettővel egyszerre) rendelkező nemzeteknél már most sürgető kérdés a fogyasztási szintjük visszafogása, és a hulladékok újrahasznosítása. Az ő ökológiai rendszerük ugyanis olyan mértékű deficitet mutat, amely nemcsak hosszú távon, hanem már jelenleg sem tekinthető fenntarthatónak. A szükségből adódóan ezek az országok napjainkban élen járnak a körforgásos átalakulás tekintetében, és „vezető innovátor” lévén kommunikálják a jó gyakorlataikat a hozzájuk felzárkózni kívánó szereplők felé. Ez a jelenség érdekes megvilágításba kerül azon eredmények láttán, melyekből kiderül, hogy a „felzárkózó országokban” sokkal kedvezőbbek az ökológiai viszonyok, mint az őket tanító szereplőknél. Ezért a körforgásos átalakulás tekintetében először azt kell átgondolni, hogy érdemes-e olyan szereplőktől tanulni, akiknél e koncepció nem a fejlettség következő szintjét jelenti, hanem sokkal inkább egy megoldást az önmaguk által kreált problémára.

A dolgozat második célkitűzésével (C2) egy másik ellentmondást akartam tisztázni a körforgásos gazdaság értelmezésében, a termékek életciklusa és hasznossága közötti átváltási jelenséget. A témakör relevanciája hazánkban nagyobb, mint gondolnánk, hiszen a régmúlt panelprogramjaiból megmaradt épületállomány modernizálás előtt áll, és esetében is hasonló döntési dilemma áll fenn. Vizsgálatomban a gazdasági aspektusok mellett a környezeti tényezők figyelembe vételével arra az eredményre jutottam, hogy a régi épületek újakkal való helyettesítése hosszú távon hatékonyabb megoldást jelent. Ám az

eredmények gyakorlatba való átültetése további magyarázatot igényel. Egyrészt ki kell emelni, hogy a környezeti hatások elszámolására épülő CBA modellben az ökológiai folyamatok nem kerültek teljeskörűen bevonásra. A régi épületek lebontása és újak építése jelentős energia- és anyagforgalommal jár, melynek egyensúlyát nagyban befolyásolja az építési törmelék újrahasznosítási potenciálja. Másrészt, egy ilyen makroszintű kezdeményezés kivitelezése előtt figyelembe kell venni a velejáró társadalmi következményeket is. A hazai épületállomány átfogó szerkezeti átalakítása csak abban az esetben javasolt, ha azt megelőzik az azt támogató gazdasági és politikai intézkedések (pl. az érintettek lakhatásának a megoldása, alkalmas lakáshitel-rendszer kialakítása).

Ezután, a lakossági energiaellátás kérdésköréből kiindulva, elkezdtem olyan alternatív megoldásokkal foglalkozni, mint magának a termelési struktúrának a rendszerszintű átalakítása. Az épületek ugyanis részben passzív energiahasználók, ami azt jelenti, hogy nem az általuk felhasznált energia fogyasztói felelnek annak az előállításáért. Ezen a viszonyon úgy lehet változtatni, ha a lakosság maga veszi a kezébe a saját energiaellátásának az ügyét. Így többek között dönthet arról is, hogy milyen forrásból állítja elő az általa hasznosított energiát. Az ezen az elven alapuló közösségi energiatermelés olyan környezeti és társadalmi hasznokkal jár, amelyek általában jellemzők a körforgásos gazdaságban preferált helyi önellátási rendszerekre.

A harmadik célkitűzésem (C3) ezért az volt, hogy rámutassak e kezdeményezés ökológiai és pénzügyi előnyeire, szembeállítva azokat a jelenleg használt, központosított termelési rendszerekkel. Az eredmények igazolták, hogy a decentralizált energiaellátás mind környezeti, mind gazdasági téren hatékonyabbnak bizonyul. Az ezen a területen folytatott jövőbeli kutatásoknak célszerű lesz arra fókuszálnia, hogy számszerű formában is kifejezzék azt a megannyi közvetett hasznot, amit az önellátó energiatermelés jelent a helyi közösségek számára. Ilyen lehet a megtermelt energia értékesítése, amely tovább javítja a költséghatékonysági mutatókat. Továbbá társadalmi szempontból fontos, hogy a hasonló kezdeményezések növelik az emberek környezeti tudatosságát, mivel maguk is részt vesznek azok kialakításában és üzemeltetésében. A közösségi energiatermelés legmeghatározóbb aspektusa pedig az, hogy függetleníti a társadalmat a központi elosztási rendszerektől, biztosítva az önellátásukat.

A kutatásom ezen szegmense a körforgásos gazdaság megjelenésének egyik fő okával, az erőforrás-szűkösség kialakulásával foglalkozott. Ám annak, hogy a koncepció gyakorlati megvalósítása mára EU-s szintű stratégiai céllá vált, van egy másik oka is. A korunk fogyasztói társadalmában termelt hulladékok mennyisége kezelhetetlenné vált. Ennek köszönhetően lett az EU-ból is nettó hulladék exportőr – még az újrahasznosítható hulladékok terén is. Ezeknek a folyamatoknak a végén eddig főként a harmadik világból kikerülő szereplők álltak, akik mára viszont egyre ellenállóbbá váltak a hulladékok befogadása

tekintetében. Az eddig meghozott és a jövőben várható szabályozások hatása egyesek szerint olyan súlyos lesz, hogy az a fejlett országok számára kényszert fog jelenteni a saját hulladékaik kezelésére és főként a csökkentésére. Ennek okán azt tűztem ki célul (C4), hogy felhívjam a figyelmet a hulladékok nemzetközi kereskedelmének elégtelenségére a körforgásos gazdaságban.

A célkitűzéssel kapcsolatos kutatás tárgyául a kenyai műanyagforgalom elemzése szolgált, amely az ország közelmúltban hozott szabályozása miatt volt releváns. A szigorú rendeletével Kenya vette fel globális szinten először a harcot a műanyagok használata ellen. Ez a drasztikus lépés azt jelezte, hogy az anyag kezelése komoly terhet jelent az országnak. Az értekezésben lefolytatott analízis pedig igazolta ezt az előzetes feltevést. Látható volt, hogy a helyi hulladékkezelési kapacitások minden téren (pl. gyűjtés, szelektálás, feldolgozás, újrahasznosítás) igen alacsony hatékonysággal működnek. Ez az eredmény pedig két olyan további kérdést is felvet, amely alapját képezheti jövőbeli kutatásoknak. Az egyik, hogy azon fejlett országok (pl. Egyesült Királyság, Franciaország), melyek kifejezetten hatékony újrahasznosítási kapacitásokkal rendelkeznek, milyen okból exportálnak potenciális másodlagos nyersanyagokat a világ olyan területeire, ahol láthatóan nincsenek megfelelő kapacitások azok termelésbe való visszaforgatására? A másik pedig az, hogy mivel a fejlődő országoknak az önmaguk által létrehozott externáliák helyett olykor másokét is viselniük kell, általánosan megfigyelhető lesz-e olyan környezetvédelmi intézkedések meghozatala, amelyeket mások csak magasabb fejlettségi szinten vezetnek be?

Végezetül egy olyan terület tárgyalásához érkeztem, amely egyszerre igazolta a körforgásos gazdaság üzleti relevanciáját, továbbá támpontot adott a vállalati szintű megvalósításához. A szakirodalmi feldolgozás e témakörben azt mutatta, hogy az ökológiai központú üzleti kezdeményezések a korábbi évtizedekben sorra elbuktak. A lineáris (vagy ideológiától függően: „kapitalista”, „főáramú” stb.) gazdasági felfogás ugyanis kitartott a profitmaximalizálás alapelve mellett. Ez pedig hátrányosan érintette azon üzleti struktúrákat, amelyek a társadalmi és környezeti értékek képviselője miatt magasabb költségekkel működtek a többséghez képest. Az elmúlt évek gyakorlati tapasztalatai viszont azt mutatták, hogy a fenntarthatóságot szolgáló üzleti struktúrák nemcsak ökológiai, hanem gazdasági szempontból is hatékonyabbak lettek a hagyományos üzleti modellekhez képest. Tehát igazolódni látszik az a várakozás, hogy a gazdaságot nem az előrelátó környezeti tudatosság, hanem az önmaga által kreált kényszerhelyzet tereli a természeti értékek tiszteletben tartása felé. A műanyagok esete jó példa volt arra, hogy egy rövid távú szemlélet mellett kihasználta, ökológiai szempontból nem fenntartható műveletnek miként jelentkeznek hosszú távon a valódi költségei. Az üzleti életben megannyi, ehhez hasonló folyamat zajlott a XX. század második felében. Ezért várható, hogy ez a változás idővel nemcsak a vállalatok egyes tevékenységeit fogja érinteni, hanem komplett üzleti modellek jönnek létre a fenntarthatóság kritériumai szerint.

Mivel ezt a kritériumrendszert jelenleg a körforgásos gazdaság foglalja össze, az ötödik célkitűzésem (C5) arra irányult, hogy kimutassam e koncepció gyakorlati megjelenését a jelenkor üzleti modelljeiben. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy napjaink egyik leginnovatívabb iparágának újgenerációs üzleti modelljei nagyobb mértékben felelnek meg a körkörös gazdaság alapelveinek, mint a korábban használt társaik. Azt viszont hangsúlyoztam, hogy ezzel a vállalatok nem közvetlenül a körforgásos gazdaságnak akarnak megfelelni. E jelenség valódi oka, hogy a piaci versenyképesség megőrzéséhez társuló elvárások napjainkban közelítenek a fenntarthatóság elvei felé. Az analízis során sikeresen alkalmaztam egy olyan kvalitatív módszertant, amellyel értékelhető az üzleti modellek körkörös teljesítménye az építőelemeik alapján. A korábban csak elméleti szinten alkalmazott metódus tehát alkalmasnak bizonyult arra, hogy alapjául szolgáljon a körforgásos üzleti modellekkal foglalkozó, jövőbeli kutatásoknak.

IRODALOMJEGYZÉK

1. BAKKER, C., WANG, F., HUISMAN, J., DEN HOLLANDER, M. (2014): Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69 10–16. p. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>
2. BROOKS, A. L., WANG, S., JAMBECK, J. R. (2018): The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances*, 4 (6) eaat0131. p. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131>
3. CRAMER, J. (2017): The Raw Materials Transition in the Amsterdam Metropolitan Area: Added Value for the Economy, Well-Being, and the Environment. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 59 (3) 14–21. p. <https://doi.org/10.1080/00139157.2017.1301167>
4. CSATH, M. (2012): Üzletimodell-innováció. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó. 257. p.
5. DE WIT, M., BARDOUT, M., RAMKUMAR, S., KUBBINGA, B. (2016): The Circular Dairy Economy - Exploring the business case for a farmer led, 'netpositive' circular dairy sector. Amsterdam: Circle Economy. 20. p.
6. EMF (2015a): Circularity Indicators - An Approach to Measuring Circularity: Methodology. Cowes: Ellen MacArthur Foundation Publishers. 98. p.
7. EMF (2015b): Towards the Circular Economy: Business rationale for an accelerated transition. Cowes: Ellen MacArthur Foundation Publishers. 20. p.
8. EMF (2013): Towards the Circular Economy: Opportunities for the Consumer Goods Sector. Cowes: Ellen MacArthur Foundation Publishers. 112. p.
9. EURÓPAI BIZOTTSÁG (2015): Anyagkörforgás megvalósítása – a körforgásos gazdaságra vonatkozó uniós cselekvési terv. Brüsszel: Európai Bizottság. 21. p.
10. EUROSTAT (2018): Circular economy - overview. Retrieved 13 November 2018, from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/overview>
11. FOGARASSY, C., OROSZ, S., OZSVÁRI, L. (2016): Evaluating system development options in circular economies for the milk sector - development options for production systems in The Netherlands and Hungary. *Hungarian Agricultural Engineering*, 30 62–74. p. <https://doi.org/10.17676/HAE.2016.30.62>
12. GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2018): Free Public Data Set - Global Footprint Network. Retrieved 13 November 2018, from <https://www.footprintnetwork.org/licenses/public-data-package-free-2018/>
13. KOVÁCS, A. (2014): A mezőgazdasági vállalatok tervezése a környezeti kölcsönhatások figyelembe vételével. In: *Doktori értekezés*. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó. 179. p. <https://doi.org/10.14751/SZIE.2015.016>

14. KRAAIJENHAGEN, C., VAN OPEN, C., BOCKEN, N. (2016): Circular Business – Collaborate and Circulate. Nieuwkoop: Ecodrukkers. 121. p.
15. LEWANDOWSKI, M. (2016): Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*, 8 (1) 43. p. <https://doi.org/10.3390/su8010043>
16. MAVIR (2014): A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2014. évi statisztikai adatai. Budapest: Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal. 85. p.
17. NFM (2015): Nemzeti Épületenergetikai Stratégia. Budapest: Nemzeti Fejlesztési Minisztérium. 101. p.
18. NREL (2012): Cost Report - Cost and performance data for power generation technologies. Colorado: National Renewable Energy Laboratory. 106. p.
19. RAMKUMAR, S. F., KRAANEN, F., PLOMP, R., EDGERTON, B., WALRECHT, A., BAER, I., HIRSCH, P. (2018): Linear Risks. Amsterdam: Circle Economy. 14. p.
20. REKK (2009): A hazai végső energia-felhasználás és a villamosenergia-ár prognózisának elkészítése 2020-ig. Budapest: Regionális Energiagazdasági Kutatópözpont. 102. p.
21. WANJIKU MUKUI, N. (2015): Mass balance of plastics: Case study of Nairobi city. In: *Master thesis*. Nairobi: University of Nairobi. 165. p.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelven megjelent folyóiratcikkek

1. HORVÁTH, B., KHAZAMI, N., YMERI, P., FOGARASSY, C. (2019): Investigating the current business model innovation trends in the biotechnology industry. *Journal of Business Economics and Management (Taylor and Francis, Q2, IF: 1,503)*, 20 (1) 63–85. p. <https://doi.org/10.3846/jbem.2019.6880>
2. HORVÁTH, B., MALLINGUH, E., FOGARASSY, C. (2018): Designing Business Solutions for Plastic Waste Management to Enhance Circular Transitions in Kenya. *Sustainability (MDPI, Q2, IF: 2,075)*, 10 (5) 1664. p. <https://doi.org/10.3390/su10051664>
3. HORVÁTH, B., FOGARASSY, C. (2017): Analysis of circular development and investment possibilities (transport, energy and building) related to international sports event planning. *YBL Journal of Built Environment*, 5 (2) pp. 10-27. <https://doi.org/10.1515/jbe-2017-0005>
4. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B. (2017): Climate policy cost-benefit model application for successful Central European building retrofitting programs—A Hungarian case study. *International Journal of Engineering Business Management (SAGE, Q3)*, 9 1847979017717574. p. <https://doi.org/10.1177/1847979017717574>
5. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B., BOROCZ, M. (2017a): The Interpretation of Circular Priorities to Central European Business Environment with Focus on Hungary. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6 (1) 2–9. p. <https://doi.org/10.1515/vjbsd-2017-0001>
6. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B., KOVACS, A., SZOKE, L., TAKACS-GYORGY, K. (2017b): A Circular Evaluation Tool for Sustainable Event Management – An Olympic Case Study. *Acta Polytechnica Hungarica*, 14 (7) 161–177. p. <https://doi.org/10.12700/APH.14.7.2017.7.10>
7. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B., MAGDA, R. (2017c): Business Model Innovation as a Tool to Establish Corporate Sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6 (2) 50–58. p. <https://doi.org/10.1515/vjbsd-2017-0009>
8. FOGARASSY, C., KOVÁCS, A., HORVÁTH, B., BÖRÖCZ, M. (2017d): The development of a circular evaluation (CEV) tool - Case study for the 2024 Budapest Olympics. *Hungarian Agricultural Engineering*, 31 10–20. p. <https://doi.org/10.17676/HAE.2017.31.10>

Idegen nyelven megjelent konferenciaközlemények

1. BARTHA, Á., HORVÁTH, B. (2018): Certain questions for the extension of food waste. 23-33. p. In: B. Horváth, A., Khademi-Vidra & I. Bakos (Eds.): *3rd International Young Researcher Scientific Conference: Sustainable Regional Development – Challenges of Space & Society in the 21st Century*. Gödöllő: Szent István University. 424. p.
2. HORVÁTH, B., MAGDA, R. (2017): Possible bottlenecks in the strategic management of environmentally engaged companies - Transition to the world of circular businesses. 11-20. p. In: R. Nemeč & L. Chytlíová (Eds.): *SMSIS 2017 - Proceedings of the 12th International Conference on Strategic Management and its Support by Information Systems*. Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava. 496. p.

Magyar nyelven megjelent folyóiratcikkek

1. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B. (2018): A körkörös gazdaság értelmezése. *Lépések*, 23 (2) 4–5. p.
2. HORVÁTH, B., FOGARASSY, C. (2018): Lineáris-cirkuláris transzformációk jellemzői a biotechnológiai iparban. *Lépések*, 23 (2) 12-13. p.

Magyar nyelven megjelent konferenciaközlemények/könyvrészek

1. SZABÓ, B. K., HORVÁTH, B., CSABÁNÉ, T. ZS., FOGARASSY, C. (2018): A körkörös gazdasági modellek bemutatása és a megosztáson alapuló gazdasági rendszerek preferencia vizsgálata. 91-98 p. In: Földi P, Borbély A, Kápolnai Zs, Zsarnóczky M B, Bálint Cs, Fodor-Borsos E, Gerencsér I, Gódor A K, Gubacsi F, Nyíró A, Szeberényi A (szerk.) *Közgazdász Doktoranduszok és Kutatók IV. Téli Konferenciája: Konferenciakötet*. Gödöllő: Szent István Egyetem. 761 p.
2. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B., BÖRÖCZ, M. (2017a): A körkörös gazdasági rendszerfejlesztések vizsgálata benchmarking módszerrel. 11-24. p. In: Szilágyi A (szerk.) *Életciklus szemlélet a körforgásos gazdaságban*. Budapest, 102. p.
3. FOGARASSY, C., HORVÁTH, B., HERCZEG, B., BAKOSNÉ BÖRÖCZ, M. (2017b): Cirkuláris gazdasági modellek alkalmazása és hatékonyságuk mérése. 90-101 p. In: J. Lehota (szerk.): *Életem a felsőoktatásban: Dr. Molnár József 70 éves*. Gödöllő, Szent István Egyetemi Kiadó. 226. p.
4. HORVÁTH, B., BARTHA, Á., BAKOS, I. M., BAKOSNÉ, B. M. (2017): Élelmiszertermelés és fogyasztás a körkörös gazdaságban – mi is számít valóban élelmiszerpazarlásnak? *Mezőgazdasági Technika* 58:(Különszám) Circular Economy Fókuszban A Megújuló Energia Konferencia És Kerekasztal, Gödöllő. pp. 22-25.