

# KÖRNYEZETI INNOVÁCIÓK REGIONÁLIS HATÁSVIZSGÁLATA A GMR-EURÓPA MODELLEL<sup>1</sup>

*Dr. Varga Attila<sup>2</sup> – Hau-Horváth Orsolya<sup>3</sup> – Szabó Norbert<sup>4</sup> –  
Dr. Járosi Péter<sup>5</sup>*

## *Absztrakt*

A tanulmányban egy olyan modellkeretet mutatunk be, amely alkalmas környezetbarát innovációk hatásainak az elemzésére. A vizsgált innováció fő tulajdonsága, hogy korábban nem használt, hulladékként kezelt terméket alapanyagként visszavezetnek a gazdasági folyamatokba. Ezáltal csökken a hulladék kibocsátása, valamint a gazdaság alapanyagok iránti igénye is. Annak érdekében, hogy ilyen típusú innováció hatásait elemezni tudjunk egy többszektoros általános egyensúlyi modellt alkalmaztunk, amely képes figyelembe venni a szektorok közötti megváltozott kapcsolatot. Mivel az ilyen innovációk esetén gyakran nem gazdaságos az alapanyagok nagy távolságokra történő szállítása, így csak a földrajzilag közeli régiók hasznosíthatják az újdonsült alapanyagot. Ezért az elemzés során a GMR Európa modellt alkalmaztuk, amelyben a földrajzi szempont központi szerepet tölt be. A GMR modell SCGE blokkját fejlesztettük tovább oly módon, hogy képes legyen ezen innovációk hatásait értékelni. Végül egy konkrét példán keresztül elemeztük, hogy milyen hatásai lennének, ha a Dél-dunántúli régióban a jelenlegi technológia helyett kávézaccot használnának táptalajként a gombatermesztés során. A vizsgált szektor meglehetősen kisméretű, a teljes kibocsátásnak mindössze 0,01 százalékát teszi ki. Ennek ellenére tapasztalhatunk szignifikáns hatásokat, elsősorban a szektorok közötti kapcsolatok megváltozásából kifolyólag.

## *Kulcsszavak*

Kék gazdaság, GMR, CGE modell, környezetszennyezés, hulladékgazdálkodás.

## Bevezetés

Gunther Pauli „A kék gazdaság” című könyvében (Pauli 2010) számos olyan környezeti innovációt mutat be, melyek alacsonyabb költségek mellett

---

<sup>1</sup> A kutatást a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0029 és a 14121-es számú MTA-PTE Innováció és Gazdasági Növekedés Kutatócsoport projektek finanszírozták.

<sup>2</sup> D.Sc., egyetemi tanár, Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete és MTA-PTE Innováció és Növekedés Kutatócsoport, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar

<sup>3</sup> Tudományos segédmunkatárs, MTA-PTE Innováció és Növekedés Kutatócsoport, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar

<sup>4</sup> Ph.D. hallgató, Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar

<sup>5</sup> Ph.D., Adjunktus, MTA-PTE Innováció és Növekedés Kutatócsoport, Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar

biztosítják a társadalom szükségleteit, ugyanakkor nem termelnek hulladékot és még jövedelmezők is a vállalkozások számára. Összevetve a hagyományos, „zöld” környezetkímélő technológiákkal, melyek bizonyos fokig szintén lehetővé teszik a természet megóvását, a kék gazdaság innovációk kevésbé költségesek és már rövidebb távon megtérülnek. Pauli könyvének alcíme („10 év, 100 innováció, 100 millió munkahely”), bár nyilván nem mentes egy népszerűsítést célzó múlténél még elfogadható marketing fogástól, elgondolkodtatja a gazdaságelemzőt. Valóban ennyire nagyhatásúak lehetnek ezek az innovációk? Nemcsak a környezetet óvják, hanem ezen felül még gazdaságilag is hatékonyabbak? Miként lehetne sokkal precízebben megbecsülni ezen innovációk gazdasági hatásait? A tanulmányunkban bemutatott modellezési eljárás kidolgozását ezek a kérdések motiválták.

A Pauli (2010) által javasolt innovációk egyik tipikus csoportját képezik az olyan technológiai újítások, melyek lehetővé teszik, hogy egy korábban hulladékként kezelt melléktermék képezze valamely más gazdasági tevékenység alapanyagát. Talán a legnépszerűbb az az innováció, amely étkezési gombát állít elő egy napjainkban tömegesen keletkező hulladék, a kávézacc felhasználásával. Az ehhez hasonló technológiák megjelenése révén egyrészt alacsonyabb lesz a környezetszennyezés, a hulladék kibocsátás, másrészt a természeti erőforrások iránti igény is csökken. A kék gazdaság innovációk következtében tehát alapvetően megváltozik a gazdaság szektorai közötti kapcsolat, ugyanis egy olyan anyag, amit korábban egyik szektor sem hasznosított az innováció bevezetése után valamely szektor alapanyagává válik.

A kék gazdaság innovációk modellezése három szempontból is kihívást jelent a gazdaságelemző számára. Az első kihívás egy olyan modellezési keret megalkotása, mely kezelni tudja azokat a hatásokat, mely a hulladék hasznos anyaggá alakulásának következtében a gazdaság különböző szektoraiban jelentkeznek. A második kihívást az új technológiának egy gyakorlati modellben való megjelenítése hordozza, ami praktikusán a technológia „lefordítását” jelenti az empirikus gazdaságelemzés nyelvére. A harmadik kihívás pedig az, hogy miként lehet az innováció földrajzilag jelentkező hatásait megbecsülni. Habár a hatás nyilván erősebb lesz ott, ahol az új technológia bevezetésre kerül, nem szabad elfelejtkezni a tovagűrűző, a kereskedelmen, migráción keresztül a gazdaság más térségeiben közvetetten jelentkező hatásokról sem és fontos lenne tudni azt is, hogy egy adott térségben jelentkező innováció mekkora hatást gyakorolhat az egész nemzetgazdaságra.

A szakirodalomban eddig publikált elemzések csak korlátozottan alkalmasak arra, hogy megfeleljenek a kék gazdaság innovációk modellezési kihívásainak. A hulladékgazdálkodással és újrahasznosítással foglalkozó modellek első csoportja csupán a keletkező hulladék mennyiségének a meghatározására koncentrált, azonban nem tartalmaz explicit hulladékkezelő szektort (Barata (2002)). A modellek második csoportjában a hulladék kezelése, feldolgozása

már explicit módon is megjelenik (Miyata (1995), Speck (1997)). Ezekben modellekben már megjelenik endogén módon a hulladékkezelés költsége, viszont még nem foglalkoznak a hulladék alapanyagként történő újrahasznosításával. A Baumgärtner (2004) által vizsgált probléma áll legközelebb a tanulmányunkban vizsgált innovációhoz. Az általunk javasolt megoldásban mindhárom, a fenti csoportosításban szereplő modell fontos szerepet tölt be. Célunk egy olyan modell kidolgozása, amely lehetővé teszi a hulladék alapanyagként történő hasznosítását explicit módon, akárcsak Baumgärtner (2004) megoldása, ám mindezt egy általános egyensúlyi modell keretein belül teszi, amelyben a hulladékkezelés ára is endogén módon alakul, mint például Miyata (1995) modelljében.

Tanulmányunknak a szakirodalomhoz való hozzájárulása a fent jelzett kihívásokhoz kapcsolódik. Így egy olyan többszektoros számítható általános egyensúlyi (CGE) modellt építettünk fel, amely az újrahasznosított hulladék felhasználásának gazdasági hatásait képes megmutatni. Továbbá kidolgoztunk egy olyan empirikus módszertant, melynek révén a regionális input-output táblázatokban a kék gazdaság-típusú új technológiák konkrét megjelenítésre kerülhetnek. Mivel a kék gazdaság-típusú innovációk nagyrészt helyi inputokra alapoznak, ezért azok hatásai is elsősorban helyben jelentkeznek. Mindezeket túl azonban fontos lehet a helyi hatások interregionális tovagyűrűzése is részben a közvetetten megváltozott régiók közötti kereskedelem, részben pedig az esetlegesen kiváltott migráció által. Ezért egy olyan modellkeretet tartottunk szükségesnek alkalmazni, mely az összetett térbeli folyamatokat is érzékelni képes. A választott modell a korábban kidolgozott és más célokra többször használt GMR-Európa modell.

A tanulmány felépítése a következő: A második fejezetben bemutatjuk a GMR-Európa modell felépítését. A harmadik fejezetben ezt a modellt egészítjük ki, fejlesztjük tovább, annak érdekében, hogy alkalmas legyen a speciális innovációk hatásait megragadni. Ezt követően egy konkrét innováció becslött hatásait ismertetjük. A tanulmány összeggésszel zárul.

### A GMR-Európa modell

A kék gazdaság típusú innováció hatásainak számszerűsítése a GMR (Geographic Macro and Regional) modell keretein belül történt, amely modell képes a különböző gazdaságpolitikai beavatkozások, sokkok és egyéb változások országos és regionális hatásainak a figyelembevételére. A modell széleskörűen használt a K+F-et és emberi tőkét célzó beavatkozások, valamint az EU kohéziós politikája hatásainak becslésére mind az Európai Unióban (Varga és társai, 2009, 2013; Varga és Törma, 2010), mind Magyarországon (Varga és társai, 2008; Járosi és társai, 2010).

A GMR névben szereplő földrajzi jelző arra utal, hogy a modell képes figyelembe venni a tér dimenzióját, így a szállítási költséget, az agglomerációs

hatásokat és a gazdaság térbeli szerkezetének dinamikus alakulását. A regionális jelző arra utal, hogy a modell alapegysége a az országos területi aggregátságnál alacsonyabb regionális szint, ezt tekinti referenciapontnak. A régiókat a közöttük lezajló interakciók (tudásáramlások, kereskedelem, tőkeáramlás, migráció) kötik össze, így alakulhat ki egyensúly az egyes régiókban, majd dinamikus módon az egész rendszerben. A makro jelző szintén fontos, hiszen az egyes beavatkozások nemzeti szintű eredményeinek összehasonlítása elengedhetetlen.

A GMR modell három blokkból épül fel: a regionális termelékenységi (Total Factor Productivity, TFP), a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi (Spatial Computable General Equilibrium, SCGE) és a makroökonómiai modellblokkokból. A TFP blokkban határozódik meg a beavatkozások (például K+F támogatás, infrastruktúra beruházások) teljes tényező termelékenységre gyakorolt hatása, amely blokk egyenleteinek becslése ökonometriai úton történt. A blokk szerkezetének részletes technikai leírása Varga és társai (2009, 2013) és Varga és Törmä (2010) munkáiban található.

Az SCGE modellblokkban határozódnak meg a TFP-ben beállt hatások által kiváltott változások a főbb gazdasági változók (kibocsátás, foglalkoztatás, árak, stb.) értékeiben minden egyes régióra vonatkozóan. A modell-blokk célja tehát, hogy értékelje a különböző politikai beavatkozások gazdasági hatásait regionális szinten. Megkülönböztethetünk rövid távú egyensúlyt, amikor is minden régióon belül a termékek, valamint tényezők kereslete kiegyenlítődik, ami minden periódusban létrejön, illetve hosszú távú egyensúlyt, ez esetben az egyes régiókban kialakult egyensúly már nem indít be migrációt a régiók között.

A modell figyelembe veszi a térbeli koncentrációt erősítő hatásokat a regionális termelékenységi szint változásán keresztül, a térbeli koncentrációt mérséklő hatásokat a zsúfoltság révén, valamint a szállítási költség változásának a koncentrációra negatív irányú hatását. A régiókat az interregionális kereskedelem, valamint a tőke és a munka migrációja köti össze. Az SCGE blokk tehát egy statikus modell, így a rendszer dinamikáját a TFP modell blokk mellett a makro blokk biztosítja. A modell blokk magyar nyelvű ismertetését Járosi és szerzőtársai (2010) munkájában találja meg az olvasó.

A GMR-Európa modellben alkalmazott makroökonómiai blokkba az Európai Bizottság által kifejlesztett dinamikus és sztochasztikus általános egyensúlyi („Dynamic Stochastic General Equilibrium” – DSGE) modell, a QUEST III (Ratto és társai 2009) került beépítésre. A TFP az SCGE és a MACRO modell-blokkok együttes futtatásait a MATLAB szoftver felhasználásával végeztük el.

Jelen vizsgálatunk a GMR első olyan alkalmazása, ahol a külső sokk egy speciális környezeti innováció formájában lép be a modellbe. Annak érdekében, hogy becsülni tudjuk a kék gazdaság típusú innovációk regionális és makro szintű hatásait az Európai Unióra vonatkozó GMR modell egy régióját (a Dél-

Dunántúli Régiót) alakítottunk át úgy, hogy az alkalmassá válják vizsgálatunkra. A modell átalakítás az SCGE blokkot érinti, ezért a következő fejezet elsősorban erre a blokkra koncentrálna.

### Kék gazdaság típusú innovációk modellezése a GMR-Európa modellel

A GMR-Európa modell 144 európai régió sokrétűen (interregionális kereskedelem, földrajzi és tudáshálózati szpiloverek, valamint munka- és tőkemigráció révén) összekapcsolt regionális (TFP és SCGE) modellrendszerének felhasználásával vizsgálja a különböző gazdaságpolitikai beavatkozások térbeli hatásait. Jelen vizsgálódásunk során e komplex modellrendszer egy kiválasztott régióját tesszük alkalmassá a kék gazdaság típusú innovációk modellezésére. A GMR-Európa modell SCGE modellblokkjába tartozó regionális modellek egy szektort tartalmaznak, melynek kibocsátása egy aggregált termék, a regionális GDP. Azonban a kék gazdaság típusú innovációk hatásainak az értékeléséhez elengedhetetlen egy többszektoros modell, ezért az SCGE modellblokk egy régióját (a konkrét példában a Dél-Dunántúli Régiót) terjesztettük ki többszektorossá. Ezt a többszektorosra kiterjesztett modellt nevezzük a továbbiakban „BLUE” modelleknek.

Ezen felül több, speciális kiegészítésre volt szükség a szektorálisan bontott regionális modell szerkezetében annak érdekében, hogy a modell megfelelően használható legyen a vizsgált innováció elemzéséhez. Kiemelt figyelmet kapott a hulladék megváltozott szerepének figyelembe vétele, mivel a hulladék az innováció bevezetését követően a termelés inputjaként szolgál, így értéket teremt. Emellett azonban fontos hangsúlyozni, hogy a hulladék egyfajta ikertermelésben valósul meg, ami azt jelenti, hogy egy adott ágazathoz tartozó termék és újrahasznosítható hulladéka kínálata nem független egymástól. A következő rész a regionális SCGE blokk ezen átalakításait taglalja részleteiben.

#### *A hulladék-újrahasznosítás modellezése a szektorálisan részletezett régióban – a BLUE modell szerkezete*

##### A vállalatok

A többszektoros modellben a különböző szektorok közül kiemelkedő szerepet kap a hulladékkezelő szektor, ugyanis a feldolgozandó hulladék mennyisége nagymértékben függ az innováció bevezetése következtében újrahasznosított hulladék nagyságától. Így a modellben összesen  $m$  szektort különböztetünk meg, ebből  $n$  szektor hasonló módon viselkedik, és külön indexszel,  $w$ -vel jelöljük a hulladék feldolgozását végző szektort.

A vállalatok a termelésük során két elsődleges erőforrást (tőkét és munkát), valamint a többi szektortól származó közbenső termékeket használnak fel. Az

elsődleges erőforrásokról feltesszük, hogy a szektorok között tökéletesen mobilak, így az árak minden szektorban azonos. A vállalatok termelési függvényét egy beágyazott termelési függvény írja le: a hozzáadott értéket az elsődleges erőforrások felhasználásával Cobb-Douglas technológia segítségével állítják elő, míg a termelő felhasználásra a Leontief technológia a jellemző. Minden vállalat bocsát ki hulladékot a termelése során, amelynek elszállítását, feldolgozását a speciálisan ezzel foglalkozó hulladékkezelő szektor végzi. Az összes megtermelt hulladék két részre osztható, egy újrahasznosítható részre, amit az innováció segítségével alapanyagként továbbadhat a vállalat, illetve egy nem újrahasznosítható részre. A hulladék nem újrahasznosítható része a vállalat kibocsátásával lineárisan arányos, minden egység kibocsátás után adott nagyságú hulladék feldolgozó szolgáltatásra van szüksége a vállalatnak. Ezzel szemben a hulladékként kezelt, de potenciálisan újrahasznosítható hulladék nagysága, attól függ, hogy mennyit hasznosítanak újra az összes megtermelt újrahasznosítható hulladékból.

A vállalatok főtermékük előállításánál létrehozhatnak mellékterméket is, amit az innováció bevezetése után potenciálisan alapanyagként is fel lehet használni. A keletkező újrahasznosítható hulladék nagyságáról feltesszük, hogy az outputtal lineárisan arányos, azaz

$$RUWT_i = \rho_i \cdot x_i, \quad (1)$$

ahol  $RUWT_i$  az összes keletkező újrahasznosítható hulladék nagyságát jelöli, míg  $\rho_i$  az egy egység kibocsátásra jutó újrahasznosítható hulladékot.

A környezetbarát innováció lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy a korábban hulladékként kezelt mellékterméket alapanyagként hasznosítsák. Ezért az innováció bevezetése után a vállalatok alapanyag szükséglete között megjelenik a melléktermék iránti igény is. A vállalatok újrahasznosítható hulladék iránti keresletét a következő egyenlet határozza meg:

$$RUWD_i = \tau_i \cdot x_i, \quad (2)$$

$RUWD_i$  jelöli az  $i$ -edik szektorban felhasznált újrahasznosított hulladék mennyiségét, míg  $\tau_i$  megmutatja, hogy az  $i$ -edik szektor egységnyi kibocsátásához mennyi újrahasznosított hulladékra van szükség.

A mellékterméket előállító vállalatokról feltesszük, hogy az újrahasznosítható hulladékot ingyen továbbadják az azt feldolgozó vállalatnak. A mellékterméket termelő vállalatok motivációja, hogy amennyiben újrahasznosításra továbbadják a keletkező mellékterméket, úgy nem jelent költséget számukra a hulladékként való elszállítás, feldolgoztatás. Tehát az összes megtermelt melléktermékből éppen annyit hasznosítanak, amennyi az azt alapanyagként felhasználó vállalatok kereslete. Az egyes szektorok között a kereslet arányosan oszlik meg. Tehát az  $i$ -edik szektor által alapanyagként felkínált újrahasznosítható hulladék nagysága a következő:

$$RUWS_i = \frac{\sum_i RUWD_i}{\sum_i RUWT_i} \cdot RUWT_i \quad (3)$$

ahol  $RUWS_i$  jelöli, hogy az  $i$ -edik vállalat az összes keletkező melléktermékből mennyit kínál fel újrahasznosításra. A fennmaradó újrahasznosítható hulladékot pedig a hulladékkezelő szektornak kell feldolgoznia, és ez nem lehet negatív, azaz maximum annyi mellékterméket kínálhat fel a vállalat újrahasznosításra, mint amennyit megtermelt.

$$RUWW_i = RUWT_i - RUWS_i \geq 0 \quad (4)$$

Az egységnyi kibocsátásra jutó hulladékként elszállított melléktermék mennyiségét pedig megkapjuk a két érték hányadosaként.

$$ruww_i = \frac{RUWW_i}{x_i}$$

Tökéletes versenyt feltételezve minden vállalat esetén teljesülnie kell a nulla profit feltételnek. A vállalat bevétele az értékesített termékek árbevétele jelenti, míg költségeit az alapanyagköltség, a hulladékként elszállított melléktermék, valamint az elsődleges erőforrások költsége jelenti.

### A háztartások

A háztartások viselkedését egy reprezentatív szereplővel magyarázzuk. A háztartások az összes szektor által termelt terméket fogyasztják, a hasznosságukat Cobb-Douglas típusú hasznossági függvény írja le. A háztartás jövedelmét teljes egészében fogyasztási javak vásárlására fordítja. Az elsődleges erőforrások a háztartások tulajdonában vannak, így jövedelmük megegyezik az elsődleges erőforrások árának és kínált mennyiségének szorzatával.

### *A hulladék-újrahasznosítás modellezése a szektorálisan részletezett régióban – a BLUE modell szerkezete*

A munka-, illetve a tőkepiacon egyensúly esetén a vállalatok tényezőkereslete megegyezik a háztartások kínálatával. A háztartások munka és tőkekínálata egy perióduson belül exogén adottság, azonban hosszú távon változhat, a régiók közötti migráció következtében.

A termékpiacokon egyensúlyban a bruttó kibocsátásnak meg kell egyeznie az összes vállalat illetve a háztartások keresletével. Ez a hagyományosan viselkedő  $n$  szektor esetén az alábbi formában írható fel:

$$x_j = \sum_{i=1}^m a_{ji} x_i + C_j \quad \text{ha } i \neq j \quad (5a)$$

A hulladékkezelő szektor esetén a kereslet kiegészül még egy taggal, ami a vállalatok által hulladékként kidobott újrahasznosítható hulladék nagyságát jelöli.

$$x_w = \sum_{j=1}^m a_{jw} x_w + \sum_i^n RUWW_i + C_w \quad \text{ha } i = w \quad (5b)$$

A modell összesen  $9m + 3$  egyenletet és  $9m + 3$  változót tartalmaz, azonban az egyenletek nem függetlenek egymástól, az egyik egyenlet kifejezhető a többi egyenlet felhasználásával, így ez elhagyható. Annak

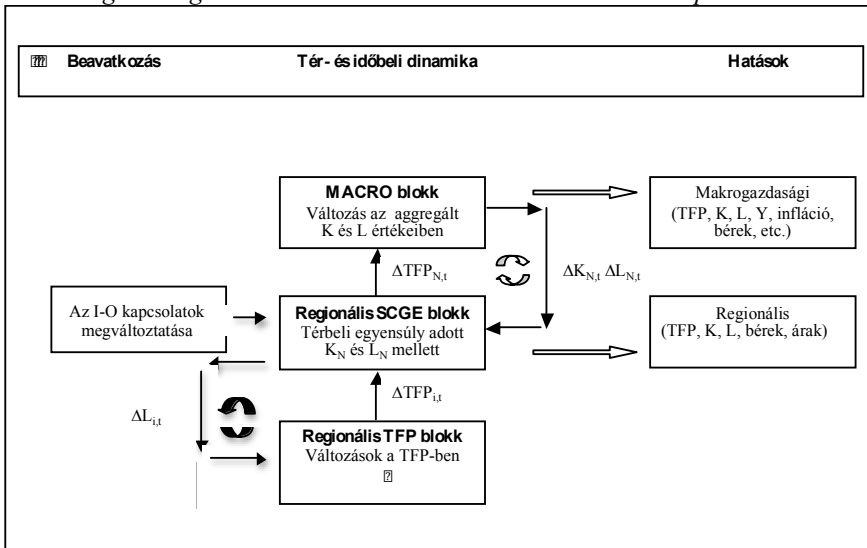
érdekében, hogy ismét szabályos egyenletrendszert kapjunk, rögzítjük az egyik erőforrás, a tőke árát, ez tölti be a modellben a numeraire szerepét.

### Hatásmechanizmus a GMR-Európa modell rendszerében

Az 1. ábrán látható, hogy a modell egyes részei miként kapcsolódnak össze. Az általunk végrehajtott beavatkozás a következőképp halad végig a GMR modell egyes blokkjain. Első lépésben bekerülnek a regionális SCGE modellbe az innovációt reprezentáló új input-output tábla adatai, illetve az eredeti, még változatlan TFP értékek a TFP blokkból. A megváltozott input-output tábla alapján az SCGE blokkban kiszámítódnak a tőke, munka és termelési nagyságok, a kereslet mennyiségei, valamint a bérek, tőkekamatok és a termékek árai minden régióban és időperiódusban. A régiók között kialakuló hasznosságbeli különbségek tőke- és munkaáramlást generálnak, melyek változásokat okoznak a régió TFP-jében. A harmadik lépésben kiszámításra kerülnek az új regionális TFP értékek, melyek bekerülnek a makro blokkba. Végül az új TFP értékek hatására kialakulnak a makrováltozók aktuális értékei minden periódusra. A negyedik lépésben, a makro blokkban kiszámított tőke- és munkaváltozások minden periódusban szétosztásra kerülnek a régiók között, a beavatkozás által periódusonként generált regionális TFP-változás mintája szerint. Az ötödik lépés során a megváltozott tőke- és munkamennyiségekkel újrafut az SCGE modell-blokk és kiszámításra kerülnek az új mennyiségek és árak, minden régióban és periódusban.

2. ábra

### A két gazdaság innovációk hatásmechanizmusa a GMR-Európa modellben



Forrás: Saját szerkesztés.



A vizsgálat során tehát az eredeti, innováció előtti I-O táblát felhasználó alap forgatókönyv (baseline) hatásaihoz hasonlítjuk az innovációt reprezentáló új táblázat mellett kiszámolt hatásokat. Így a futtatás során a regionális SCGE blokk az innovációt reprezentáló alternatív forgatókönyv szerint más adatokat fog továbbítani a makro modell-blokknak, így a dinamikus folyamatok révén kialakuló egyensúlyi helyzet eltérő lesz a két esetben. Az eltérő inputok következtében a modell változóinak értékeiben kialakuló különbségek tekinthetők az innováció alap forgatókönyvhöz viszonyított hatásainak.

## Egy kék gazdaság innováció gazdasági hatásai a Dél-Dunántúli Régióban

### *Az innováció: gombatermesztés kávézaccon*

A kék gazdaság típusú innovációk közül a Pauli (2010) által összegyűjtöttek közül egy olyan újítást választottunk ki, amely a Dél-Dunántúli Régióban is releváns alapokon nyugodhat és emellett a gazdasági modellezés szempontjából is kezelhető, vagyis a meglévő modellezési technikák képesek magukba integrálni az újítást. Így esett a választás a kávézaccon történő gombatermesztésre. A Dél-Dunántúli Régióban (főképp Pécs környékén) jelentősnek mondható a gombatermesztés (2009-ben 711 tonna, melynek döntő többsége csiperke). A kék innováció lényege, hogy a hagyományos gombatermesztéssel szemben táptalajként a kávé lefőzése után fennmaradó kávézaccot használja. Így ehhez az eljáráshoz jelentősen kevesebb inputra van szükség (vegyszer, sterilizáció, energia), mivel a kávézacc a kávé lefőzése után már steril, így nincs szükség további fertőtlenítő műveletekre. Ezen felül egy olyan anyag (a kávézacc), amely eddig hulladékként került elhelyezésre, inputtermékként szolgálhat.

A tanulmányban megvizsgáljuk, hogy milyen hatásai vannak, ha a jelenleg a gombatermesztésre alkalmazott technológiát teljes egészében lecseréljük, és ezentúl a gomba termesztése kizárólag kávézaccon történik. A kávézacc összegyűjtéséről azt feltételeztük, hogy egyedül a vendéglátóhelyeken keletkező kávézaccot gyűjtik össze, ugyanis itt keletkezik egyszerre nagyobb mennyiségben. Hosszú távon elképzelhető a munkahelyekről, háztartásoktól történő begyűjtés is, azonban ehhez speciális tároló dobozokra, összegyűjtő rendszerekre van szükség, amely jelenleg nem realiztikus feltételezés.

Az éttermek és a kávézók a kávézaccot (az üzletmenetet megkönyítendő) jelenleg is elkülönítve gyűjtik, így feltehetjük, hogy hajlandóak ezt ingyen egy potenciális gombatermesztő részére átadni, mivel az összegyűjtés számukra pluszköltséget nem okoz, ráadásul megkíméli őket a kávézacc hulladékként történő elszállítása esetén fizetendő díjtól. Azonban a kávézacc összegyűjtése jelentős szállítási költségeket von maga után, amelyet a gombatermesztésnél az alapanyagköltségek között figyelembe vettünk.

## *Az innováció modellbe illesztésének módszertana*

A kék gazdaság-típusú innováció hatásvizsgálata kapcsán több problémát kellett áthidalni. Az inputok tekintetében arra kellett módszertani megoldást találni, hogy miképp vehető figyelembe és illeszthető a modellbe egy eddig nem létező, teljes egészében új ágazat technológiája, illetve milyen módon generálhatók ehhez kiinduló inputadatok. Mivel az innováció bevezetésével a termelők egy új technológiát fognak alkalmazni, így olyan módszertanra volt szükség, amely képes figyelembe venni a technológia megváltozását is, ezért a kék gazdaság típusú innováció technológiájának vizsgálatához egy, a Dél-Dunántúli Régióra becsült input-output táblából indultunk ki. A hatásvizsgálat futtatása a GMR-Europe modell keretein belül történt. Mivel (amint erre a korábbi fejezetben rámutattunk) e modell csupán egy aggregált ágazatot tartalmaz, így nem képes figyelembe venni az ágazatok közötti összefonódásokat. Ezért az innováció vizsgálata érdekében a regionális SCGE modell blokkot bővítettük ki oly módon, hogy képesek legyünk követni az innováció ágazatok közötti hatásait is. Ennek az átalakításnak szolgált alapjául a régióra becsült input-output tábla

A KSH csak országos ÁKM-et készít, így az innováció hatásainak vizsgálatához előbb készítenünk kellett egy becslést a Dél-Dunántúli Régió ÁKM-jére vonatkozóan. Az input-output táblák regionalizálásának kiterjedt irodalma. A Dél-Dunántúl esetében adatok hiányában van az elterjedt módszerek közül, non-survey módszert alkalmaztunk a becslés elvégzéséhez. A tábla regionalizálása két lépcsőben történt. Elsőként az együttható mátrix celláit az LQ-módszer segítségével a regionális termelési sajátosságokhoz igazítottuk, meghatároztuk az interregionális export és import nagyságát, majd a RAS eljárással biztosítottuk a regionális peremadatokra történő illeszkedést.

A következő lépésben megbecsültük a régió gombatermesztésének technológiai háttérét. Így becsült eredményeket kaptunk az adott szintű kibocsátás inputigényére. A regionális gombatermesztés volumenére vonatkozóan a KSH tájékoztatási adatbázisára támaszkodtunk. A termesztés technológiájának becsléséhez nagyban támaszkodtunk Szili (1990), Szili (2008), Szili (2012), Chen (2010) és Mushworld (2005) gombatermesztéssel foglalkozó munkákra. Az áttekintett irodalom, szakértők telefonos megkérdezése és online források alapján megbecsültük a táptalaj egységére (100 kg) jutó inputigényeket és azok költségeit. A becslés során tehát megállapítottuk, hogy adott mennyiségű gomba termesztéséhez milyen mennyiségű és értékű inputokra van szükség a régió egyes ágazataiból. Végül a szükséges inputok mennyiségét a regionális kibocsátás nagyságához igazítottuk. Mivel a gombatermesztés a KSH tábláiban a mezőgazdaság része, így megoldásként azt választottuk, hogy a gombatermesztő szektort leválasztottuk a mezőgazdaságról. Végeredményképp tehát kaptunk egy olyan új input-output táblát, amelyben a gombatermesztés nélkül vett mezőgazdaság mellett új ágazatként a gombatermesztés is szerepel. E két ágazat között természetesen

nincs átfedés. A modell futtatása során ez a tábla kerül be az SCGE-blokkba. Az így kapott eredményeket tekintjük az alap forgatókönyvnek.

A kék gazdaság innovációban a táptalaj szerepét a kávézacc veszi át, amely nem rendelkezik árral, ingyenesen áll rendelkezésre, azonban annak összegyűjtése költséggel jár, melyet úgy származtattunk, hogy a gombatermesztést Pécs közelébe helyeztük el, majd feltételeztük, hogy a zaccképződés földrajzi értelemben a népességgel arányosan alakul. Természetesen nem lehet figyelembe venni minden kis települést, így azzal az egyszerűsítéssel éltünk, hogy a zacc Pécsen, Kaposváron és Szekszárdon képződik a népességgel arányos módon. A begyűjtés költsége pedig függ a zacc mennyiségétől és a városok távolságától.

Az alternatív forgatókönyv tehát a kék gazdaság típusú innováció hatásait tartalmazza. Ebben az esetben feltettük, hogy a régió teljes gombatermesztése az új technológiát fogja alkalmazni, így a teljes ágazat átáll az új termelési módra. A hatáselemzés tehát azt fogja megmutatni, hogy milyen hatások várhatók a kék gazdaság típusú innovációtól abban az esetben, ha sikerül azt a régió egészében megismertetni és elterjeszteni a gombatermesztők között, akik ezt alkalmazni is fogják. Az új típusú gombatermesztés esetében a szűk keresztmetszetet a régióban maximálisan rendelkezésre álló kávézacc, illetve az egységnyi kávézaccra előállítható gomba mennyisége jelentette. Feltételezésünk szerint a vendéglátóhelyekről begyűjthető kávézacc teljes mennyiségét felhasználja a gombatermesztés ágazata. Így adódott az új technológia alkalmazása mellett az ágazat kibocsátása. A kibocsátás és az ahhoz szükséges inputok becslését követően a hagyományos technológiát tartalmazó input-output tábla gombatermesztés ágazatának adatait lecseréltük az innovációt leíró becsült adatokra. Ezután ezzel az új táblával futtattuk le a modellt.

## Eredmények

Mivel a vizsgált szektor a Dél-Dunántúli Régió termelésének meglehetősen kis hányadát képezi, ezért az eredmények is várhatóan kis volumenűek lesznek. Vizsgáljuk meg elsőként, hogy miként alakul a kibocsátás változása szektoronként az első évben! A legszembetűnőbb eredmény a gombatermelő szektor kibocsátásának közel 11 százalékos emelkedése. Ez a növekedés annak köszönhető, hogy a technológiai újítás következtében csökkent a gombatermelés költsége, ugyanis az egyik alapanyag (kávézacc) ingyen a termelők rendelkezésére áll. Így a vállalatok alacsonyabb áron tudnak értékesíteni, amely növeli a keresletet. Az alacsonyabb hulladékként kezelt kávézaccnak köszönhetően a hulladékfeldolgozást végző szektor kibocsátása csökkent. Azonban a kávézacc az összes hulladéknak csak egy alacsony részét jelenti, ezért a keletkezett hulladék mennyisége is csak kismértékben csökken. Azonban a szállítást tartalmazó szektor kibocsátása emelkedett, ami mögött a kávézacc összegyűjtésének nagyobb szállítási igénye jelenik meg. Ugyanis a

kávézaccot több helyről, egyenként viszonylag kis adagokban kell összegyűjteni, ami magasabb szállítási igényt jelent. További meglepő eredmény, hogy a villamosenergia-termelés is emelkedik. Emögött valószínűsíthetően közvetlen és közvetett hatások is meghúzódnak. Közvetlen hatás, hogy a gombatermelő szektornak viszonylag magas az igénye e szektor termékei iránt, ugyanis a gombatermesztés során nagyon fontos szerepet játszik a megfelelő páratartalom és hőmérséklet. A megemelkedett gombatermelés így magasabb keresletet támaszt a villamosenergia-termelés, légkondicionálás iránt. Továbbá valószínűsíthető, hogy a magasabb szállítás iránti igény szintén növeli az energia iránti igényt.

A mezőgazdaságot tartalmazó szektor kibocsátása némiképp csökkent, ami annak a következménye, hogy a korábban ebből a szektorból származó alapanyagot (komposzt) a gombatermesztés során kávézaccal helyettesítik. Érdekes még megjegyezni, hogy csökkent a vegyi anyagok kibocsátása is, aminek oka lehet, hogy a kávézaccon történő termesztés során nincs szükség a táptalaj további kezelésére, ugyanis az már eleve steril.

A foglalkoztatási adatokat megvizsgálva szintén hasonló eredményeket kapunk, néhány szektorban (villamosenergia-termelés, szállítás, gombatermelés) emelkedett a foglalkoztatás, míg máshol csökkent. Azonban itt fontos megjegyezni, hogy a modell nem veszi figyelembe a munkanélküliséget, egy periódusban a munkakínálat rögzített, tehát az egyik szektorban megfigyelhető foglalkoztatás bővülés csak egy másik szektor rovására történhet. Hosszabb távon azonban a migráció révén változhat a régió munkaerő kínálata, amennyiben a bérek jelentősen eltérnek a többi régióban megfigyelhetőtől. Az eredmények szerint rögtön az első évben kis mértékben emelkedik a regionális bér, majd a szimulációs periódus alatt tartja ezt az emelkedést. Azonban ez a változás csekély mértékű ahhoz, hogy jelentős migrációs folyamatok induljanak be.

## Összegzés

A tanulmányban bemutattunk egy olyan modellkeretet, amely alkalmas környezetbarát innovációk hatásainak az elemzésére. A vizsgált innovációk fő tulajdonsága, hogy korábban hulladékként kezelt terméket alapanyagként visszavezetnek a gazdasági folyamatokba. Ezáltal csökken a hulladék kibocsátása, valamint csökken a gazdaság alapanyagok iránti igénye is. Annak érdekében, hogy ilyen típusú innováció hatásait elemezni tudjuk, egy többszektoros általános egyensúlyi modellt alkalmaztunk, amely képes figyelembe venni a szektorok közötti megváltozott kapcsolatot. Továbbá, az ilyen innovációk esetén gyakran nem gazdaságos, vagy nem kivitelezhető az alapanyagok nagy távolságokra történő szállítása, így csak a földrajzilag közeli régiók hasznosíthatják az újdonsült alapanyagot. Tehát a tér szintén fontos szerepet játszik a modellezésben, ezért az elemzés során a GMR-Európa

modellt alkalmaztuk, amelyben a földrajzi szempont központi szerepet tölt be, így a GMR modell SCGE blokkját fejlesztettük tovább. Végül a modell segítségével elemeztük, hogy milyen hatásai lennének, ha a Dél-Dunántúli Régióban a jelenlegi technológia helyett kávézaccot használnának táptalajként a gombatermelés során. A vizsgált terület meglehetősen kisméretű, a gombatermelés a teljes kibocsátásnak mindössze 0,01 százalékát teszi ki. Ennek ellenére tapasztalhatunk szignifikáns hatásokat, elsősorban a szektorok közötti kapcsolatok megváltozásából kifolyólag.

## Irodalom

- Barata, E. (2002): Solid waste generation and management in Portugal: An environmental input-output modelling approach, Paper prepared for the 7th Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics, "Environment and Development: Globalisation & the Challenges for Local & International Governance", Sousse (Tunisia), 6–9 March
- Baumgärtner, S. (2004): Price ambivalence of secondary resources: joint production, limits to substitution, and costly disposal, *Resources, Conservation and Recycling*, 43. 95–117 p.
- Bonfiglio, A. (2005): A Sensitivity Analysis of the Impact of CAP Reform. Alternative Methods of Constructing Regional Input-Output Tables, *PHD Studies*, No. 1.
- Chen, A. (2000): Cultivation of *Lentinula Edodes* on synthetic logs, *Mushroom Growers' Newsletter*, 10. 4. 3–9 p.
- Flegg, T. – Webber, C. (1996): Using location quotients to estimate regional input-output coefficients and multipliers, *Local Economy Quarterly*, 4. 58–86 p.
- Flegg, A. – Thomo T. (2011): Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland, *ERSA conference paper*, no. ersa11p334
- Isserman, A. (1980): Estimating Export Activity in a Regional Economy: A Theoretical and Empirical Analysis of Alternative Methods, *International Regional Science Review*, 5. 2. 155–84. p.
- Járosi P. – Koike, A. – Thissen, M. – Varga A. (2010): Regionális fejlesztéspolitikai hatáselemzés térbeli számszerűsített egyensúlyi modellel. *Közgazdasági Szemle*, 57. 165–180. o.
- Jensen R.C. – Mandeville, T.D. – Karunarante N.D. (1979): Regional Economic Planning: Generation of Regional Input-Output Analysis, Croom Helm, London.
- Johns P. M. – Leat, P. M. K. (1987): The Application of Modified GRIT Input-Output Procedures to Rural Development Analysis in Grampian Region, *Journal of Agricultural Economics*, 38. 245–256. p.
- Kuhar, A. – Kuhar, A. G. – Erjave, E. – Kozar, M. – Cör, T. (2009): Regionalisation of the Social Accounting Matrix - Methodological review, Common Agricultural Policy Regional Impact – The Rural Development Dimension Collaborative project - Small to medium-scale focused research project under the Seventh Framework Programme Project No.: 226195
- Lahrm, M. L. (1993): A Review of Literature Supporting the Hybrid Approach to Constructing Regional Input - Output Models. *Economic Systems Research*, 5. 277–293. p.

- Miyata, Y. (1995): A General Equilibrium Analysis of the Waste-Economic System – A CGE modeling approach, *Infrastructure Planning Review*, No.12, 259-270. p.
- Morrison, W. – Smith, P. (1974): Nonsurvey input-output techniques at the small area level, *Journal of Regional Science*, 14. 1. 1–14. p.
- Mushworld (2005): Mushroom Growers' Handbook: Shiitake Cultivation, *Mushworld*, Korea
- Pauli, G. (2010): The blue economy – 10 years, 100 innovations, 100 million jobs, Report to the Club of Rome, Taos: Paradigm Publications
- Pigozzi, B. – Hinojosa, R. (2006): Regional Input-Output Inverse Coefficients Adjusted from National Tables, *Growth & Change*, 16. 1.8–12. p.
- Ratto, M., Roeger, W. and Veld, J. (2009): QUEST III: An estimated open-economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy. *Economic Modelling*, 26. 222–233. p.
- Schaffer, W. – Chu, K. (1969): Non-survey techniques for constructing regional interindustry models, *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*. 23. 83–101. p.
- Speck, S. (1997): A neo-austrian five process model with resource extraction and pollution abatement, *Ecological Economics*, 21. 91–103. p.
- Stone R. – Brown, J. A. C. (1962): A long-term growth model for the British economy. In: R.C. Geary (ed.), *Europe's future in figures*, North-Holland, Amsterdam.
- Stone, R. (1961): Input-output and national accounts, Organisation for European Economic Co-operation.
- Szili, I. (1990): A csiperke és más gombafajok háztáji termesztése, Mezőgazdasági Kiadó Kft., Budapest
- Szili, I. (2008): Gombatermesztők kézikönyve, Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Szili, I. (2012): Zsákos (blokkos) shiitake-termesztés, kézirat
- Ulibarri, C. A. – Wellman, K. (1997): Natural Resource Valuation: A Primer on Concepts and Techniques, Prepared for the U.S. Department of Energy.
- Varga, A. – Törmä, H. (2010): The extended GMR modeling system. Study on the impact of the Single Market on Cohesion: Implications for Cohesion Policy, Growth and Competitiveness. European Commission, DG Regio project, Methodology Report.
- Varga, A. – Schalk, H. – Koike, A. – Járosi, P. – Tavasszy, L. (2008): Integrating the effects of geography into EU Cohesion Policy impact modeling: The GMR-approach. Paper presented at the modeling workshop of the German Section of the European Regional Science Association, University of Kiel.
- Varga, A. – Járosi, P. – Sebestyén, T. (2009): Geographic Macro and Regional Model for EU Policy Impact Analysis of Intangible Assets and Growth. Working Paper IAREG WP5/20.
- Varga, A. – Járosi, P. – Sebestyén, T. (2013): A GMR-Európa modell és alkalmazása EU kohéziós politikai reformok előzetes hatásvizsgálata során. *Sigma* (megjelenés előtt)
- Varga, A. – Pontikakis, D. – Chorafakis, G. (2013): Metropolitan Edison and cosmopolitan Pasteur? Agglomeration and interregional research network effects on European R&D productivity. *Journal of Economic Geography* (forthcoming).

## Environmental innovation impact assessment with the GMR–Europe model

This paper introduces and applies a model system that is suitable for the impact assessment of Blue Economy innovations. Our contribution to the literature is threefold. First, we build a multi-sector computable general equilibrium (CGE) model, which provides the theoretical frame for studying the economic impacts of using waste as a production input. Second, we create an empirical methodology through which new technologies of Blue Economy can be concretely accounted for in regional input-output tables. Since Blue Economy innovations are largely built on local inputs, their effects are primarily local. Given that interregional spillovers of local impacts might also be significant, through interregional trade or migration, we applied a modelling approach that is able to follow complex spatial processes. The broader model framework chosen is the GMR-Europe model.

### *Keywords*

GMR model, Blue Economy, computable general equilibrium models, TFP, innovation.