

NÉGYSZEKTOROS ÁKM VIZSGÁLATA AZ ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATELEMZÉS (ENA) MÓDSZERTANÁVAL¹

KISS TIBOR

PTE Közgazdaságtudományi Kar, Kék Gazdaság Kutatóközpont

Az input-output-elemzés – általános logikai vázának köszönhetően – az ökológiában is hasznos eszköznek bizonyult. Már az 1960-as évektől elkezdtek használni, és az ökológiai hálózatelemzés (Ecological Network Analysis – ENA) egyik kulcselemévé vált. Az évtizedek során a módszertanban az ökológiai sajátosságoknak megfelelő fejlesztések történtek – például jelentős hangsúly helyeződik a kibocsátási együtthatók alapján történő számításokra –, amelyek jelentősen gazdagítják a gazdasági elemzések eszköztárát. Az ENA segítségével számszerűsíthető az a belső körforgás, ami a szektorok közötti kölcsönös forgalmat mutatja, és a rendszerszerű működés egyik alapeleme. Ezen kívül centralitási és függőségi mutatók is számíthatók, amelyek kimutatják az egyes szektorok központi helyzetét, valamint a többi szektortól való függését. A tanulmány „visszaáramoltatja” ezeket a fejlesztéseket a gazdaságba, és az ÁKM 2010-es, négysektoros változatán keresztül bemutatja az ENA gazdasági területen is használható módszertanát, valamint az új elemek gazdasági használatát. A tanulmány következtetése az, hogy a módszertan a gazdaságban is jól használható, de még sok kutatómunkára van szükség a lehetőségek megfelelő kihasználásához.

Kulcsszavak: Ecological Network Analysis – ENA, ökológiai hálózatelemzés, Ágazati Kapcsolatok Mérlege – ÁKM, input-output-elemzés, energiaszektor

1 Bevezetés

Az ökológiai rendszerek táplálékláncának modellezésére Hannon (1973) és Ulanowicz (1980, 1986, 2009) egy olyan hálózatelemzési módszertan alapjait rakták le, amelyek megkísérlik egy ökológiai tápláléklánc rendszerének modellezését. Ehhez felhasználják az *input-output-elemzés* módszertanát is, úgy, hogy a gazdasági szektorokat megfeleltetik az egyes élőhelyeken található fajoknak². A rendszer robusztusságának, életképességének a meghatározásához

¹E-mail: kisst@ktk.pte.hu. Ezúton mondok köszönetet a lektornak, aki rendkívül sokat segített abban, hogy a tanulmány ebben a formájában kerülhet publikálásra. Ezen kívül köszönöm Szabó Norbertnek a tanulmány elkészítése során nyújtott sok segítséget, valamint Hetesi Zsoltnak a hasznos megjegyzéseket. A kutatást támogatta a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (szerződés száma: 20765-3/2018/FEKUTSTRAT), valamint az EFOP-535 3.6.2-16-2017-00017 „Fenntartható, intelligens és befogadó regionális és városi modellek”. Beérkezett: 2018. június 3.

²Angolul: ecosystem compartments, ecosystem components

az *információtechnológiából* (IT) is vettek át elemeket (például Shannon, 1948), hogy az ökológiában jobban használható eszközrendszert fejlesszenek ki. Ezek együttesen alkotják az ökológiai hálózatelemzést (Ecological Network Analysis, ENA – a továbbiakban az angol rövidítést használjuk). Hannon megfogalmazásában: egy ökológiai rendszer struktúráját tárják fel, bemutatva a rendszer közvetlen és közvetett energiafüggőségeit.

Két jelentős iskola alakult ki ezen a területen. A tanulmányban az Ulanowicz-iskola megközelítését mutatjuk be (ENA), ezen belül is az input-output-elemzésen alapuló fejlesztéseket. A másik jelentős iskola a környezeti rendszerek modellezésére a Bernard Patten féle megközelítés, amely 1976 óta ismert, Network Environ Analysis (NEA) néven (lásd például Faith és Patten, 1999), de ennek ismertetése nem célja a tanulmánynak. A két iskolának a megközelítését Scharler és Faith (2009) mutatja be részletesen. A mindkét iskola által kidolgozott módszertan eszközrendszerét egyesítve készült egy szoftvercsomag (*enaR*) „Gnu-R”³-ben (Borrett és Lau, 2014), amely elérhetővé teszi a módszereket szélesebb kutatórétegek számára is. A 90-es évek elején is kifejlesztettek egy külön szoftvercsomagot – (Eco)Netwrk – amely az Ulanowicz-iskola módszertanának megfelelően futtatja ezeket az eseteket (Ulanowicz és Kay, 1991). Az *enaR* szoftvercsomagon keresztül is hozzáférhetők ezek a leírások/adatbázisok.

A Leontief nevéhez fűződő input-output-elemzés (a továbbiakban IOA) olyan általános logikai modell, amely számos területen jól alkalmazható. Baumol (2000) például egy nettóenergia-számításon keresztül mutatja be annak egy egyedül alkalmazását. Az 1970-es években használták már a módszert az energiarendszerek modellezésére (Odum, 1998), de a természeti erőforrások modellezésére is (Wright 1975). Baumol szerint az IOA az általánosítható logikai vázának köszönheti a nagyarányú elterjedését, és Augusztinovics (1995) is örökérvényűnek tekinti a mögötte lévő gondolatiságot.

Az ökológiai rendszerek nemlineáris, élő rendszerek, a rájuk épülő komplex társadalmi-gazdasági rendszerekkel együtt. Ezt a nemlinearitást a rendszerelemek közötti visszacsatolás biztosítja, ez adja a rendszer dinamikáját (Forrester, 1969, p. 13, Bossel, 1994, p. 27). A visszacsatolások jelentős hatással lehetnek egy rendszerre, stabilizálhatják azt (negatív visszacsatolások) vagy felerősíthetik a hatásokat (pozitív visszacsatolások) (Miller és Page, 2007, p. 50).

A közgazdaságtan alapvető célkitűzése a szűkös erőforrások megfelelő elosztása, a gyakorlatban azonban az exportálás, az értékesítés a nyereségesség előfeltétele, ezért a keresleti oldalra különösen erős hangsúly helyeződik. Ennél fogva a ráfordítás-együttható-mátrix⁴ alapján főként keresletvezérelt elemzésekre használják az input-output mátrixot. Az ökológiában ez a keresletvezérelt, kibocsátás-központú elemzés nem olyan jelentős. Az ökológiai hálózatelemzés során elsősorban az anyag- és energiaáramlást vizsgálják (pl. szén, nitrogén) egy adott ökológiai egységben belül (Borrett, 2013). Ebben

³<https://www.r-project.org/about.html>

⁴Lásd a matematikai függelék a kibocsátási és a ráfordítás-együtthatók szerinti számításokról.

az értelemben adódik az a logikai kapcsolatrendszer, ahogy a tápláléklánc ténylegesen zajlik, mint pl. az egyik klasszikus példa, a rákok (*prawns*, első szint) – teknősök, kígyók, nagy halak (második szint) – krokodilok (3. szint) (Goerner et al., 2009). Ennek értelmében a kibocsátásegütthető-mátrix elemei azt jelentik, hogy az adott szinten található tápanyag milyen arányban hasznosul a többi szinten, pl. a rákokban lévő összes széntartalomból a táplálkozási láncban mennyi jut a teknősöknek, kígyóknak és nagy halaknak. Alkalmazzák ugyan mindkét mátrix-típust, pl. Scharler és Fath (2009) vizsgálják a tápláléklánc mindkét irányultságát, de alapértelmezésben a kibocsátásegütthető-mátrixot használják (pl. Lenzen, 2007) és legfeljebb csak megemlítik a másik elemzési típus lehetőségét. Ennek egyik oka Borrett (2013) szerint az, hogy az ökológiai rendszerek termodinamikailag nyitottak, inputként kapják az energiát/anyagot, és a kilégzés, anyagcsökkenés stb. egyfajta energia-vesztés. Erre hivatkoznak Szyrmer és Ulanowicz (1987), valamint Suh (2005) is. Mindkét utóbbi tanulmányban fontosnak tartják, hogy ne csak az energiavesztés, hanem az exportot (más ökológiai rendszernek átadott anyagáramot) is meghatározzák, de több esetben (pl. Borrett, 2013) ettől eltekintenek. Ebből következően a kibocsátási együtthető-mátrixból indulnak ki az inputváltozások hatásának mérése érdekében, tehát a kínálatvezérelt elemzések a gyakoribbak.

Ezt a fajta elemzést a közgazdaságtanban elsősorban a fejlődő országok számára tartják használhatónak (pl. Zalai, 2012, p. 256), ahol ezzel a módszerrel kimutatható, hogy mely szektorok fejlesztése hasznos a GDP-növekedés szempontjából. Ez esetben feltételezik a keresletbővülést/bővítést is a keresleti oldalról, mint ahogy általában az egyes ökológiai élőhelyek elbírják a rákok szaporodása következtében előálló többi faj szaporodását is a fenti példa esetén, bár az elsődleges cél itt az elemzés. Belegondolva azonban a megközelítés logikájába, több oka is lehet annak, hogy a fejlett országok gazdaságában is használható a kibocsátási együtthető-mátrixból kiinduló elemzés. Így ez a megközelítés kimondottan hasznos a túlságosan nyitott gazdaságok számára, mint amilyen például Magyarország is, mivel lehetőséget ad annak vizsgálatára, hogy mi történik akkor, ha az importhányadot csökkentjük és megpróbáljuk kiváltani azt hazai termeléssel. Cooper et al. (2017) input-output-elemzéssel modellezik a körforgásos gazdaságra való áttérést, ahol a termelési folyamatokban történik változás. Így pl. az autópárházban a súlycsökkentésre való törekvés csökkenti az acél-inputot. Hasonló a megközelítése az ún. Factor 4 koncepciónak (Weizsäcker et al., 1997), ahol az erőforráshatékonyság növelésére helyezik a hangsúlyt: fele annyi erőforrással kétszer annyi termék előállítása adja a négyes faktort. Ebből eredeztethető az ún. Factor 10 megközelítés (Schmidt-Bleek, 2008), ahol 2050-re az USA esetében 15, Finnországnál pedig 20-as faktort is elérhetnek. Ezek a várható változások mind vizsgálhatók a kibocsátási együtthető-mátrixból kiinduló elemzéssel. Mindazonáltal figyeljünk arra a tényre, hogy ezeknél a vizsgálatoknál megváltoztatjuk a ráfordítási szerkezetet, ami az eredmény torzítását eredményezheti (lásd a 1. függelék utolsó bekezdését).

Az ÁKM esetében fontos cél, hogy minél kevesebb anyag vesszen el az

ágazatközi áramlásokban, és minél több kerülhessen végső felhasználásra. Az ökológiai rendszereknél a fontos tápanyagok, mint a szén-, vagy nitrogén-áramlás *megfigyelése* történik, és nincs olyan jellegű „cél”, mint a gazdasági életben. Nem cél a tápanyagok rendszeren belüli áramoltatása, hanem egy állapot, ahogy és amilyen mértékben ez az ökológiai rendszerekre jellemző. Ami gazdasági szempontból fontos, az az a tény, hogy az ökológiai rendszerek stabilak, reziliensek (Fath, 2014), ezért érdemes figyelembe venni a szerkezeti jellemzőiket. Feltételezhetjük, hogy ezek a rendszerek *megfelelő mértékben* támaszkodnak a külső és a belső erőforrásaikra.

Az ökológiai rendszer analógiájára nagyon sokrétű felhasználási lehetőségekhez jutunk. Például a város is felfogható, mint egy metabolikus rendszer, és így már modellezhető az ENA-val (például Zhang et. al, 2015). Bodini et al. (2012) és Minx et al. (2011) a városokat vizsgálják, mint ökológiai rendszereket. Mivel az egyik alapmódszertan, az IOA a közgazdaságtanból származik, ezért az a tény különös figyelmet kapott, hogy mi a helyzet az új elemek gazdasági használatával, a mikro- és/vagy a makroökonómia milyen mértékben támaszkodik az ökológiai irodalom módszertani fejlesztéseire? Szyrmer és Ulanowicz (1987) és Suh (2005) arra a következtetésre jutnak, hogy nincs visszaáramlás. Fiscus (2007) vizsgálata egyike a ritka alkalmazásoknak, ahol a nitrogén-áramlást vizsgálja az USA-ban a marhahús-ellátásban, beleértve annak gazdasági oldalát is.

Az, hogy melyik faj foglal el központi szerepet, azt az ökológusok a centralitásra kidolgozott mutatóval mérik – és nem a legmagasabb szintű ragadozók vannak központi helyzetben, hanem a bomlástermékeket feldolgozók (Fann és Borrett, 2012). A nagyon érzékeny ökológiai rendszereknél különösen fontos annak az elemnek az azonosítása, amely igen nagy arányú függést okoz, hiszen az a mögött álló faj eltűnésével felbomolhat az egyensúly (Szyrmer és Ulanowicz, 1987). Mindegyik mutatónak van jelentése a gazdasági életben is. Az ENA által használt belső körforgás, a centralitás és a függési viszonyok mérésének gazdasági alkalmazása még nem ismert.

A tanulmány tartalmaz saját kutatási eredményeket is: a mutatókat ahhoz, hogy az eredeti értelmezésüknek megfeleljenek, át kellett alakítani a gazdasági alkalmazásoknak megfelelően. Az ökológiában ugyanis nem mérik a szektoron belüli forgalmat, ezért az input-output mátrix átlóiban nullák szerepelnek, így az eredetileg kidolgozott mutatók eltérő értelmezést kaphatnak. Ezért elemzéseink a nettó input-output-elemzésen alapulnak, amelyek megfelelnek az ökológiában használatos mutatószámoknak. Egy másik módszertani eredmény annak a kimutatása, hogy az ENA-ban kidolgozott belső körforgás mutatószámai nem veszik figyelembe az összes hatást, ami a szektorok közötti belső forgalomnak köszönhető.

Először a létrehozott négysektoros ÁKM-et mutatjuk be (2. fejezet), majd elemezzük azt az ENA által kifejlesztett módszertannal (3. fejezet), bemutatva azt is, hogy hogyan hidálható át az ökológiai és a gazdasági alkalmazás közötti különbség. A 4. fejezet az összefoglaló rész. Az elemzés keretrendszerét, az input-output-elemzés azon elemeit, amelyek a tanulmány szempontjából fontosak, az első, matematikai függelékbe tettük, illetve a

függelékbe került annak az indirekt kapcsolatnak a részletes kimutatása is, amely a belső körforgásnak köszönhető, de mégsem szerepel az erre a célra kidolgozott indikátorokban. Ez a függelék egyben segít abban, hogy jobban megértsük a közvetlen és közvetett kapcsolatok természetét, illetve a belső körforgás sajátosságait.

2 Ágazati Kapcsolatok Mérlege – ÁKM

Az Ágazati Kapcsolatok Mérlegének (ÁKM) az elkészítése az input-output elemzésnek köszönhető, mivel ez a táblázat szolgáltat statisztikai adatokat az elemzéshez (Zalai, 2012, p. 123). A nemzeti elszámolási számlákból állítják össze, és az input-output-egyezőséget megtartva bemutatják az adott rendszer struktúráját. Mivel elsősorban makrogazdasági tervezéshez, elemzéshez használatosak, ezért megmutatják a szektorok közötti kapcsolódásokat, lehetővé teszik a multiplikátor-hatások kimutatását, feltárva ezzel olyan strukturális jellemzőket, amelyek egyébként nem lennének elérhetők.

Hazánkban az elmúlt években is irányultak kutatások az ÁKM elemzésére. A legújabb elemzés Koppány (2018) tanulmánya az autóipar gazdasági beágyazottságáról. Az agrárgazdaság nemzetgazdasági szerepét vizsgálták Kemény et al. (2012) az ÁKM alapján, illetve az input-output-elemzési eszköztár regionalizálásának módszereit mutatja be Szabó (2015). Ezen kívül az ÁKM biztosítja az adatbázist több olyan korszerű kutatáshoz is, mint például az általános egyensúlyi modellezés. Így vizsgálták például a klímaváltozás lehetséges gazdasági hatásait statikus és dinamikus egyensúlyi modellekkel (Révész-Zalai, 2012). Egy ilyen alkalmazás volt az ökológiai megközelítést alkalmazó kék gazdaság egyik innovációjának, a hulladékból történő gomba termesztési hatásainak az elemzése is, ahol az adatbázist a regionális szintű ÁKM szolgáltatta (Varga et al., 2013).

Az ÁKM-nek többféle formája is ismert (Zalai, 2012). A tanulmány céljának olyan ÁKM a megfelelő, amely valós adatokból épül fel, de egyszerű, és ezáltal jól tükrözi az ENA módszertani elemeit. Zalai (2012, p. 179) bemutat egy olyan háromszektoros modellt, amely a következő szektorokat tartalmazza: termelőeszközöket és fogyasztási cikkeket előállító eszközöket készítő ágazatok és fogyasztási cikkeket termelő ágazatok. Perman et al. (2011, pp. 253-256) olyan modellt mutatnak be, amely szintén háromszektoros, de a hagyományosabb szektorális felbontást tartalmazza: mezőgazdaság, ipar és szolgáltatás. Jelen tanulmány egy négyszektoros ÁKM-en keresztül mutatja be az ökológiai hálózatelemzés fontosabb módszertani elemeit. Az ÁKM 2010 szervezet \times szervezet típusú 64 szektoros alapáras táblájából (TEÁOR 08, ESA2010, 2017-es módszertan szerint) egy négyszektoros tábla készült, ahol a négy szektor a Mező- erdőgazdálkodás és halászat, Energia, Egyéb ipari tevékenység és Szolgáltatás. A tanulmányban egyforma jelentéssel használjuk a szektor és az ágazat megnevezéseket. A szervezet \times szervezet típusú ÁKM használata mellett az döntött, hogy az ENA alapvetően az áramlásokat vizsgálja, így az ÁKM esetén is az ágazatok közötti áramlás

vizsgálata a fő cél. A négysektoros ÁKM a következő ágazatokból áll:

- a) Mező- erdőgazdálkodás és halászat szektorának összetevői a „01: Növénytermesztés ...”, „02: Erdőgazdálkodás” (energiacélú tevékenységek nélkül) és „03: Halászat és halgazdálkodás”.
- b) Energiaszektor, amelynek összetevői a „02: Erdőgazdálkodás” és a „05-09: Bányászat” energiacélú tevékenységei, valamint a „19: Kokszyártás és kőolaj-feldolgozás” és a „35: Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás és légkondicionálás” ágazatok.
- c) Egyéb ipari tevékenység, amelyben a „05-09: Bányászat és kőfejtés” (energiacélú tevékenységek nélkül), 10-18: az élelmiszeripartól a nyomdai tevékenységekig, valamint a 20-32: a vegyianyag-gyártástól az egyéb feldolgozóipari tevékenységig ágazatok szerepelnek.
- d) Szolgáltatás, ahol a „33: Gép, berendezések és eszköz javítása és üzembe helyezése”, illetve a 36-99 ágazatok, a „36. Víztermelés ...”-tól a „88. Területen kívüli szervezetek és testületek szolgáltatásai”-ig szerepelnek.

Az ÁKM többi sor- és oszlopmegnevezése értelemszerűen utal az alapul szolgáló 64 szektoros ÁKM megfelelő soraira és oszlopaire. A továbbiakban a négy szektorra a következőképpen hivatkozunk: *mezőgazdaság, energia/energiaszektor, ipar és szolgáltatás*.

Az energiaszektor létrehozása során szükség van az energiacélú tevékenységek elkülönítésére az olyan ágazatokból, ahol az energiacélú tevékenység összevontan szerepel más tevékenységekkel. Ilyen a bányászat és az erdőgazdálkodás. Ehhez alapvetően a Révész (2001) által ajánlott módszertant használtuk fel, ahol ezt a rendelkezésre álló adatok lehetővé tették, de az elkülönítés jelentős részben további becsléseken is alapul. Ennek egyik oka, hogy az EU-s csatlakozás után a reálfolyamatokkal kapcsolatos statisztikák rendelkezésre állása romlott (Révész-Zalai, 2012). Az ÁKM-alapú új, aggregált ágazatok készítéséhez Révész (2001) javasolja az iparstatisztikai, energetikai évkönyvek használatát az energiaszektor megfelelő elkülönítése érdekében. Ezen kívül felhasználtuk a PannonPower, a Portfolio és a HVG internetes portáljai által közölt adatokat is.

Az energiahordozók ágazatai

Ágazati szinten az *alap-energiahordozókat* tekintve a „35: Villamosenergia-, gáz-, gőzellátás és légkondicionálás” ágazatban található az atomerőművi, vízerőművi, szélenergiás adatok. Ugyanakkor a „01: Növénytermesztés ...” a szalmatüzelésű energiatermelő egységek, a „02: Erdőgazdálkodás ...” a fatüzelésű energiatermelő egységek, a „05-09 Bányászat – kőfejtés” pedig a szén- és szénhidrogének energiahordozóit is tartalmazza.

Ágazati szinten az *átalakított energiahordozókat* tekintve a „19: Kokszyártás és kőolaj-feldolgozás” ágazatban vannak a kocsz, kőolajfeldolgozóipari termékek (fűtőolaj, benzin, gázolaj, petróleum, kőolajkocsz), brikett,

kohógáz, kamragáz-tételek, illetve a „35: Villamos energia ...” ágazatban található az átalakított energiahordozókkal kapcsolatos tételek (például hőenergia).

A továbbiakban az alap-energiához tartozókat különítjük el azokban az ágazatokban, ahol az energiacélú tevékenységek összevontan szerepelnek más tevékenységekkel.

Szalmatüzelés

A Pannonpower (Pannon Hő Kft) szalmatüzelésű blokkja 2010-ben még nem üzemelt, ezért a „01: Növénytermesztés, állattenyésztés, vadgazdálkodás és kapcsolódó szolgáltatások” ágazatból nem különítünk el külön energiacélú felhasználást. 2013-ban helyezték üzembe a szalmatüzelésű blokkot, 180-200 ezer tonna/év szalmafelhasználással. 20 000 Ft/tonna körüli áron⁵ 3-4 milliárd forint a nyersanyagköltség, ami az egész 01-es ágazatnak mintegy egy ezreléke, az összes szalma mennyiségének pedig kb. 3,5%-a⁶.

Tűzifa

2010-ben tűzifát az ipar (900 ezer tonna), a mezőgazdaság-erdőgazdálkodás-halászat (105 ezer tonna) illetve a lakosság (1334 ezer tonna) használt fel⁷. Az 1. táblázatot tartalmazza az ide vonatkozó adatokat.

	Összesen	ipar víz- és hulla- déggaz- dálkodás nélkül	Ebből		lakosság
			mezőgaz- daság, erdőgaz- dálkodás, halászat	szállítás, raktározás	
Tűzifa, ezer tonna	2344	900	105	2	1334
Ár (Ft/tonna)		9616			25300
Tűzifa ára (MFt)		8655			33750

1. táblázat. Tűzifa-felhasználás Magyarországon, 2010-ben. *Forrás:* a „Tűzifa, ezer tonna” sora: KSH 2011, 4.5.5 táblázat alapján, a többi saját szerkesztés.

A lakossági tűzifaár (fogyasztói ár) 2010-ben 25 300 Ft/tonna volt⁸, amely összeget beszorozva a felhasználással (1334 ezer tonna) 33 750 millió Ft-ot kapunk lakossági tűzifa-fogyasztásra. A „02: Erdőgazdálkodás” – „Háztartások végső fogyasztási kiadásai” cellában 19 698 millió, a „46: Nagykereskedelem” cellában 6045, a „47: kiskereskedelem” cellában 439 millió forint szerepel (477818 szakmakódú a Tüzelőanyag-kiskereskedelem). Összességében ezek összege jóval kevesebb, mint a 33 750 millió forintos érték, ezért nem feltételezhető, hogy a nem erdészettől származó összegnek megfelelő famennyiség a nagy- és kiskereskedelmen keresztül jut el a lakosághoz. Mivel mind a kis-,

⁵<http://energiaoldal.hu/68-ezer-haztartast-lat-el-a-pecsi-eromu-szalmatuzelesu-blokkja>

⁶<http://www.pannonpower.hu/tagvallalatok/pannon-ho-kft/tuzeloanyag-ellatas>

⁷KSH 2011-es évkönyvének 4.5.5-ös táblázata

⁸KSH STADAT, 3.6.3, éves adatok

mind a nagykereskedelemben ezek az értékek elhanyagolható nagyságrendűek, ezért nem bontottuk meg a 46 és 47-es ágazatokat, mivel nincs is megbízható adat ezek mértékére. Ennek megfelelően a „02. Erdőgazdálkodás” – „Ház-tartások végső fogyasztási kiadásai” 19 698 millió forintos cellaértékét teljes egészében energiacélú vásárlásként tüntetjük fel, és más elkülönítést itt nem alkalmazunk.

Az *ipari felhasználás* (erőművi energiatermelés) céljára átadott tűzifaár valószínűsíthetően kisebb a lakossági árnál. Feltételezve, hogy az ÁKM-ben a „02: Erdőgazdálkodás” – „35: Villamosenergia-termelés” cellájában lévő 8655 millió forint egészében ezt tartalmazza, úgy annak a tonnánkénti ára 9616 forint. Ennek az árnak a realitását alátámasztja, hogy az erőművek hosszú távú szerződésekkel fedték le a tűzifa-igényüket. Így az összes hazai energiacélú termelőfelhasználás értékét 8655 millió forintban állapítottuk meg. Fennáll a lehetősége, hogy sok tűzifa kerülő úton, integrátorok segítségével (közvetítő cégeken keresztül elszámolás) a „46: Nagykereskedelem” ágazaton keresztül jut el a felhasználókhoz. Az erdőgazdálkodásból a nagykereskedelemnek átadott teljes érték 6 045 millió Ft, ennek az elkülönítésére azonban nem áll rendelkezésre semmilyen megbízható adat, illetve ez az összeg az összes nagykereskedelmen belül elenyésző, ezért a 46-os ágazatot nem bontottuk meg.

A részletes ÁKM-be az erdőgazdálkodás alá egy új sort illesztettünk „02b: Erdőgazdálkodás – energia” néven, ahol a „35: Villamos energia” 8656 mFt-os, és a „Ház-tartások végső fogyasztási kiadásai” 19 698 mFt-os értékét ebben a sorban szerepeltettük. Ez a két összeg az erdőgazdálkodás 112 279 mFt-os „Kibocsátás összesen” összegének a 25%-a, ezért a „02b: Erdőgazdálkodás - energia” oszlopába a „02. Erdőgazdálkodás” értékének a 25%-át tettük. Így például a „01: Növénytermesztés . . .” – „02: Erdőgazdálkodás” cellájában lévő 3408 millió Ft-ból 2556 millió forint (75%) maradt a „02: Erdőgazdálkodás”-nál, és az új, „02b: Erdőgazdálkodás – energia” cellájába 852 millió forint (25%) került. Ezzel a módszerrel felvállaltuk (itt is, illetve a következő fejezetben tárgyalt bányászat esetében is), hogy az alsó ágon az import illetve a hozzáadott értékek, mint a munkaerőfelhasználás, szintén a számított aránynak megfelelően kerültek felosztásra.

Bányászat

Eltérően a tűzifától, ahol a felhasználás alapján határoztuk meg az energiacélú tevékenység arányát, a „05-09 Bányászat – kőfejtés” esetén a forrásoldalról vannak pontos adataink. A 05-ös ágazat a szénbányászat (főként lignit), a 06-os ágazat a szénhidrogén-bányászat (kőolaj- fölgáz-kitermelés), a 07 a fémtartalmú érc bányászata, a 08 kavics-, homok-, agyagbányászat, kőfejtés, tőzeg- sókitermelés és egyéb bányászat. Az utóbbi két ágazat nem energiacélú. A „09 Bányászati szolgáltatás”-ból a 09.0 a kőolaj-, földgáz-kitermelési szolgáltatás, a 09.9-es pedig egyéb bányászati szolgáltatás, tehát ez a rész is tartalmaz energiacélú tevékenységeket. A 2. táblázat tartalmazza a 05-09 ágazat energiaszempontú megosztását.

Ágazat	Millió Ft
05-06 Energiahordozó bányászata	14 182 647*
07-09 Egyéb ásványbányászat és bányászati szolgáltatás, kivéve az energiajellegű szolgáltatásokat	39 730 641*
09-ből Energiajellegű bányászati szolg.	19 826 000**
Összes energiajellegű tevékenység	34 008 647
Bányászat, kőfejtés	73 739 288

* KSH honlap-Tájékoztatósi adatbázis-ipar gazdasági ág-ipari termelés, értékesítés, rendelésállomány-Az ipar termelési és értékesítési adatai szakágazatok szerint

** Ipari és építőipari statisztikai évkönyv, 2.13-as tábla, 2010. CD-ROM, KSH, 2011

2. táblázat. A „05-09 Bányászat – kőfejtés” összevont ágazat energiaszempontú megosztása.
Forrás: saját szerkesztés

A táblázat alapján megállapítható, hogy a „05-09 Bányászat – kőfejtés” összevont ágazat energiatartalmú tevékenysége az összes tevékenység 46,12%-a, ami a Bányászat „Kibocsátás összesen” értékének (101 161 mFt) megfelelően 46 655 millió Ft. Ebből következően az új ÁKM „05-09b: Bányászat – energia” oszlopa a bányászati ágazat minden tételének a 46,12 %-át tartalmazza.

A „05-09b: Bányászat – energia” új sora végösszegének is 46 655 millió Ft-nak kell lennie. A 05-09-es „fősorból” átvisszük a 19-es (8216 millió Ft) és a 35-ös ágazat (6914 millió Ft) teljes cellaértékét. Az összevont ágazat saját felhasználása 1506 millió Ft, aminek szintén a 46,12%-át (695 mFt) vesszük energiacélú tevékenységnek pontosabb adat hiányában. Ezek összege 15 825 millió Ft. A „05-09 Bányászat – kőfejtés” sorában a fontosabb felhasználók még a 23-24. szektor, amelyek a nemfém- és fémalapanyag gyártása szektorok, így alapvetően a 07-08 szektorokhoz tartoznak. Az építőiparnak (41-43) magas még a bányászati részesedése, ami minimális elsődleges energiahordozót tartalmaz⁹, tehát a kavics-sóder-alapanyag miatt magas a bányászati részesedése, így ezekből nem különítünk el energiacélú tevékenységet.

A „49: Szárazföldi és csővezetékes szállítás”-hoz tartozó szállítási költség a Pannonpower publikált adatai szerint¹⁰ 2500 Ft/m³, ami 700 kg/m³ ideális súllyal számolva 3570 Ft/tonna. Ez az összeg sokszor egy fuvarra értendő, illetve gyakran ingyen kiszállítást vállalnak a lakosságnak, ezért ezt fogadjuk el közelítő értéknek. A szén összes szállítási költsége ennél kevesebb (3. táblázat). Az összes szállítási költség így számítva 9,4 millió forint, ami a „49: Szárazföldi és csővezetékes szállítás” végső fogyasztási kiadásai kormányzati kiadásokkal csökkentett értékének (211 793 millió Ft) a töredéke, így a szállítási ágazat költségeinek megbontásától eltekintünk.

	tonna	Ár (Ft/tonna)	Szállítási költség (millió Ft)
Fa	2344	3570	8,371
Szén	300	3570	1,071
Összesen	2744	3570	9,442

3. táblázat. Szállítási költségek. Forrás: saját szerkesztés

⁹KSH, 2011, 4.5.5 táblázat

¹⁰Pannon Pellet Kft, <http://www.mapellet.hu/images/page/content/pelletgyartas.pdf>

A háztartásoknak az összevont 05-09-es ágazatokból való részesedésének kiszámításához a következőket vesszük figyelembe: a lakosság szenet és kavicsot-homokot is használ, tehát ennek megfelelően kell megosztani a Bányászat és a Háztartások fogyasztása cellájában lévő 7969 millió forintot. A szénfelhasználás esetén 300 ezer tonna lakossági felhasználással számolunk 2010-ben¹¹. Az árát 10000 Ft/tonnában határoztuk meg, mert bár voltak 2730 forintos, kézi válogatású darabos szenek, vagy lengyel, cseh és orosz szén is, ami 4500-6800 forintba került¹², de a nagy része (kb. 200 ezer tonna) már 760 forintért¹³ is vihető volt a telephelyről (ezek mázsánkénti árak). Így ennek összértéke kb. 3 milliárd forint.

A kavics és homokfelhasználás 2010-ben¹⁴ 24 527 231 tonna volt. A lakosság saját építkezései kb. 9%-osak az összes építkezéshez viszonyítva¹⁵, ami 1000 Ft/tonna átlagos árral számolva (tekintettel a kavics minőség szerinti árának szórására) 2207 millió forint. A fenti adatok értelmében a háztartási kiadásokból (ami összesen a bányászatból 7969 millió Ft) 60%-ot számolunk energiacélú kiadásra, azaz 4781,4 millió Ft-ot.

Az energiahordozók exportja igen jelentős, 2010-ben 558,6 milliárd forint volt¹⁶, de annak megoszlására nincsenek adataink. A „05-09 Bányászat – kőfejtés” összes exportja 11 592 millió Ft, tehát töredéke az összes exportnak, és valószínűsíthetően tartalmaz a 07-08 ágazatokból is valamennyit. Így az összes export 90%-át (10 432,8 millió Ft) vesszük energiacélú exportnak. A következő táblázat mutatja be a „05-09 Bányászat – kőfejtés”-ből elkülönített új energiaszektor becsült adatait.

Megnevezés	Érték, Mrd Ft
Összes energiacélú tevékenység értéke	46 655
Saját felhasználásból	695
A 19-es ágazatból	8 216
A 35-ös ágazatból	6 914
Háztartási fogyasztásból	4 781
Exportból	10 433
Becsült felhasználások összesen	31 039
Különbség (bruttó állóeszközfelhalmozásból)	15 616

4. táblázat. A bányászatból elkülönített energiacélú ágazat összetevői.
Forrás: saját szerkesztés.

¹¹https://www.napi.hu/magyar_gazdasag/olcso_szenre_vagyik_a_kormany_nem_tamogatja.609771.html szerint 2013-ban 370 ezer tonna szenet használt fel a lakosság. 2002-ben ez az érték 518 ezer tonna volt (<https://rekk.hu/downloads/projects/uhg-ag-vol2.pdf>), ami jelentősen csökkent, de 2007 óta, 73 ezer tonnáról folyamatosan növekszik; 2013-ra már 370 ezer tonna volt. (letöltve: 2018.04.07)

¹²Lásd Világgazdaság: <https://www.vg.hu/vallalatok/felfutoban-a-lignit-piaca-395205/> (letöltve: 2018.04.07)

¹³Lásd a Mátrai Szénerőmű tudósítását: <http://www.mert.hu/hu/szenertekesites> (letöltve: 2018.04.07)

¹⁴KSH 2011, 5.2.5 táblázat

¹⁵A Portfolio jelentésében (KSH-adatokból) a 2011 I. negyedévének arányaira támaszkodva (<https://m.portfolio.hu/ingatlan/lakas/elkepeszto-zuhanas-a-lakaspiacon.148704.html>, letöltve: 2018.04.07)

¹⁶KSH évkönyv, 2011, 4.4.4 táblázat

Szimmetrikus ÁKM (szervezet x szervezet) tábla a hazai kibocsátásra, alapján, folyó áron TEÁOR 08 (ESA2010)											
Nemzetgazdaság, (2010. év; 2017. évi módszertan szerint)		millió forint									
Szimmetrikus ÁKM (termék x termék) tábla a hazai kibocsátásra, sor (YPSIOTB)											
Ágazatok	Hazai termelőfelhasználás (mFt)					Végső felhasználás (mFt)					
	Mező-erdő-gazdálkodás és halászat	Energia szektorok (erdő-gazdálkodásból, bányászatból, kőolaj-feldolgozás, villamosenergia-gáz-elosztás, hőellátás)	Egyéb ipari ágazatok	Szolgáltatások	Háztartások + NPISH*-k végső fogyasztási kiadásai	Kormányzat végső fogyasztási kiadásai	Bruttó állóeszköz-felhalmozás	Készlet-változás +ÉBEE**	Export	Felhasználás/ Kibocsátás összesen	
Hazai termelőfelhasználás (mFt)	Mező-erdő-gazdálkodás és halászat	450 274	12 230	592 732	109 022	285 302	5 112	73 616	-44 407	575 469	2 059 350
	Energia szektorok (erdő-gazdálkodásból, bányászatból, kőolaj-feldolgozás, villamosenergia-gáz-elosztás, hőellátás)	86 190	273 852	638 432	754 206	835 468	15 771	74 269	5 710	574 532	3 258 430
	Egyéb ipari ágazatok	212 935	136 553	1 625 953	1 347 799	1 237 817	99 649	564 628	-275 704	14 489 033	19 438 662
	Szolgáltatások	236 593	517 184	1 760 165	7 314 533	8 165 843	5 434 014	3 167 958	-3 725	3 822 336	30 414 901
Folyó termelőfelhasználás/ Végső felhasználás alapján, hazai kibocsátásból		985 991	939 819	4 617 282	9 525 560	10 524 430	5 554 546	3 880 471	-318 126	19 461 370	55 171 343
Importált termékek és szolgáltatások		234 963	1 293 190	10 146 075	3 348 638	1 956 795	233 894	1 268 395	433 996	1 729 800	20 645 746
Termékdíjak és támogatások egyenlege		38 016	38 246	126 813	822 721	2 531 598	66 419	362 312	-2 239	186 684	4 170 570
Folyó termelőfelhasználás / Végső felhasználás piaci beszerzési áron		1 258 970	2 271 255	14 890 170	13 696 919	15 012 823	5 854 859	5 511 178	113 631	21 377 854	79 987 659
Munkavállalói jövedelem		254 340	269 953	2 215 486	9 239 121						11 978 900
ebből bérek és keresetek		213 685	199 171	1 802 689	7 517 725						9 733 270
Egyéb termelési adók és támogatások egyenlege		-323 501	15 945	38 816	266 400						-2 340
Nettó működési eredmény		599 612	414 253	1 337 094	3 827 079						6 178 038
Amortizáció		269 930	287 024	957 095	3 385 382						4 899 431
Bruttó működési eredmény		869 542	701 277	2 294 189	7 212 461						11 077 469
ebből vegyes jövedelem		614 756	3 328	59 354	1 670 128						2 347 566
Bruttó hozzáadott érték alapján		800 380	987 175	4 548 491	16 717 982						23 054 029
Forrás/Kibocsátás alapján összesen		2 059 350	3 258 430	19 438 662	30 414 901						55 171 343

*NPISH=Háztartásokat segítő non-profit szervezetek

**ÉBEE - Értéktárgyak beszerzésének és eladásának egyenlege

5. táblázat - Négysektoros szimmetrikus ÁKM (szervezet x szervezet) tábla a hazai kibocsátásra.

Forrás: saját szerkesztés

A „05-09b Bányászat – energia” új sorában lévő becült értékek összege 31 039 millió Ft, így a 46 655 millió Ft-ból még 15 616 millió Ft hiányzik, amit a bruttó állóeszköz-felhalmozás 18 396 millió Ft-os értékéből csoportosítunk át energiacélú tevékenységekre.

Az átcsoportosítások eredményeként a „05-09 Bányászat és kőfejtés” nem energiacélú kibocsátása 54 506,4, a „05-09b Bányászat – energia” új összevont ágazat összes kibocsátása pedig 46 654,6 millió Ft, amelyek összege 101 161 millió Ft. Az 5. táblázat mutatja be az ezek alapján létrehozott négysektoros „B”-típusú ÁKM-et.

3 Az ENA által létrehozott elemzési eszközök

Ez a fejezet az ENA-ban leggyakrabban használt módszertani eszközöket tárgyalja. A gazdasági elemzési eszköztár már ennél sokkal gazdagabb (lásd például Zalai, 2012), de nem célunk ezeknek a bemutatása. A fejezetben bemutatjuk a belső körforgás, valamint az egyes tényezők központi szerepének és a szektorok közötti függőségnek a mérését.

Az eredeti input-output-modellek nem tartalmazták a saját felhasználást (szektoron belüli forgalom). Leontief is nulla diagonális elemekkel készítette el az első elemzéseit az USA-ra vonatkozóan (Miller és Blair, 2009, p. 278). Az ökológiában sincs saját felhasználás, mert ezeket, mint energiaveszteséget az outputhoz teszik, így a mutatók is ennek megfelelően kerültek kidolgozásra. Ez az úgynevezett nettó input-output-modell, míg ahol a diagonális elemek nem nullák, az a bruttó input-output modell. Annak érdekében, hogy a kidolgozott mutatószámok érvényesek legyenek az ÁKM-re is, az elemzésekkor a nettó modellt vesszük főként figyelembe, mivel a hangsúly a szektorok közötti kapcsolatokon van. Miller és Blair ajánlása szerint (2009, p. 278) kivesszük a diagonális elemeket és értelemszerűen csökkentjük a kibocsátásokat ezekkel az értékekkel. Így a kapott Leontief-inverz a nettó Leontief-inverz lesz, amit L^{net} -tel jelölünk a továbbiakban.

Kiindulásként közöljük a bruttó és nettó Leontief-inverzeknek az input- és output-orientált, azaz kereslet- és kínálatvezérelt változatát a következő táblázatokban.

	B r u t t ó				N e t t ó			
	Mező- gazd.	Ener- gia	Ipar	Szolgá- tás	Mező- gazd.	Ener- gia	Ipar	Szolgá- tás
Mezőg.	1,2874	0,0088	0,0440	0,0089	1,0060	0,0069	0,0344	0,0070
Energia	0,0707	1,1009	0,0457	0,0389	0,0648	1,0084	0,0418	0,0357
Ipar	0,1596	0,0629	1,1055	0,0673	0,1462	0,0576	1,0130	0,0617
Szolg.	0,2285	0,2389	0,1480	1,3342	0,1736	0,1814	0,1124	1,0133
Összesen	1,7462	1,4115	1,3432	1,4493	1,3906	1,2544	1,2016	1,1176

6. táblázat. A keresletvezérelt bruttó (a) és nettó (b) Leontief-inverz. Forrás: saját szerkesztés.

	B r u t t ó					N e t t ó				
	Mező- gazd.	Ener- gia	Ipar	Szolg.	Össze- sen	Mező- gazd.	Ener- gia	Ipar	Szolg.	Össze- sen
Mezőg.	1,2874	0,0140	0,4157	0,1320	1,8491	1,0060	0,0128	0,3809	0,1002	1,5000
Energia	0,0447	1,1009	0,2724	0,3635	1,7815	0,0349	1,0084	0,2496	0,2761	1,5690
Ipar	0,0169	0,0105	1,1055	0,1053	1,2382	0,0132	0,0097	1,0130	0,0800	1,1159
Szolg.	0,0155	0,0256	0,0946	1,3342	1,4699	0,0121	0,0234	0,0867	1,0133	1,1355

7. táblázat. A kínálatvezérelt bruttó (a) és nettó (b) Leontief-inverz. Forrás: saját szerkesztés.

A 6. táblázatban a multiplikátor-hatást elemezve látható, hogy a keresletvezérelt bruttó inverz mátrix esetében a *mezőgazdaság* egységnyi kibocsátás-növekedéséhez szükséges a legnagyobb forrásigény-növekmény. Amennyiben egységnyivel szeretnénk növelni a *mezőgazdasági* termelést, akkor az első oszlopnak megfelelő szerkezetben, 1,7462-vel nő a forrásigény a *mezőgazdaság* részéről, beleértve a közvetlen és közvetett hatásokat is (lásd ezzel kapcsolatban az 1. Függelék y vektorát, ahol a változás a Δy). A nettó esetben ez lecsökken 1,39-re. A *mezőgazdaságot* a bruttó esetben a *szolgáltatás* követi, amelynek értéke a nettó esetben a legkisebb lesz, jelezve ezzel, hogy a forgalmának döntő többsége szektoron belül zajlik. Amennyiben ezeket az értékeket megszorozzuk a *mezőgazdaság* végső felhasználásával, úgy a konkrét értékeket is megkapjuk (lásd az 1. Függelék F1. táblázatát).

A kínálatvezérelt bruttó inverz mátrix esetében az egységnyi erőforrás-többlet szintén a *mezőgazdaság* esetén okozza a legnagyobb szektorális növekedést. Amennyiben a *mezőgazdaság* egységnyi pótlólagos erőforrástöbblet juttat, úgy a kibocsátása nő 1,8491 egységgel, a 7.a táblázat első sorának megfelelő szerkezetben. Lásd ezzel kapcsolatban az 1. Függelék h vektorát, ahol a változás a Δh . A nettó inverz esetében (7.b táblázat) a legnagyobb többlet az *energiaszektorban* keletkezik (1,569), tehát egységnyi pótlólagos erőforrás bevonása az *energiaszektor* kibocsátását növeli a legnagyobb mértékben. Ez utóbbi esetben érdemes az ellenkező hatást is megvizsgálni, miszerint egységnyi pótlólagos erőforrásnak megfelelő energiaimport-csökkenés ilyen kibocsátáscsökkenéssel jár, amit a belső struktúra átrendezésével (például napelemgyártás) kellene orvosolni, ami eltérő importszerkezetet is von maga után.

Az ENA esetében további elemzések alapjául szolgálnak a Leontief-inverzek. Ilyenek a centralitási mutatók, a belső körforgás kimutatását szolgáló indikátorok és a függőségi mérőszámok.

3.1 Centralitás – Környezeti Centralitás (Environ Centrality – EC)

A centralitás, az egyes elemek központi szerepére vonatkozó vizsgálat az ökológiában nagyon jelentős terület. Jordán et al. (2007) például 13 féle centralitás-mérőszámot hasonlít össze. Ebben a tanulmányban a Fann és Borrett (2012) által kidolgozott környezeti centralitási mutatót (environ centrality – EC) ismertetjük.

Több rendszer összehasonlításánál megállapíthatók a rendszerek közös jellemzői. Fann és Borrett (2012) elemeztek 50 ökoszisztémát, és kiszámították az átlagos EC-értékeiket. Ezek alapján kimutatták a táplálékláncokban a

bomlástermékek és az azokat feldolgozók (a baktériumokkal együtt) domináns szerepét. Ahogy az IOA a közgazdaságtanból kiindulva az ökológiában gazdagított eszköztárral visszatér a közgazdaságtanba, úgy az IOA a szociológiában is hasznos elemzőeszköznek bizonyult. Így például Hubbell (1965) a klikkesedést vizsgálta ennek az eszköznek a segítségével.

Az ökológiában fontos vizsgálati szempont, hogy az adott ökológiai rendszer hogy bánik a meglévő erőforrásaival, ezért ez a módszertan a kibocsátási együtthatókból számított Leontief-inverz használja fel (L^{Out}) a centralitási értékek számításánál. Ilyen centralitási mutatószámok a hagyományos Leontief-inverz alapján is számíthatók. Mivel jelen esetben gazdasági jellegű alkalmazásról van szó, ezért a következőkben elvégezzük a számításokat mind a kereslet-, mind a kínálatvezérelt esetre.

Módszertan

Az ökológiában az L^{Out} mátrixból számítják ki az egyes elemek input- és output-oldali súlyát (lásd a 8. táblázat EC^1 és EC^2 sorát), és a kettő átlagolásával kapják az átlagos környezeti centralitás (AEC) mérőszámát. A lenti, (1) képleteket Fann és Borrett (2012) alapján alakítottuk ki. A centralitás-mutatók az egyes fajok/szektorok súlyát, jelentőségét mutatják az egész rendszer tevékenységéhez mérten, beleértve a közvetett kapcsolódásokat és a belső körforgást is.

$$EC_i^1 = \frac{\sum_{j=1}^n L_{ij}^{Out}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n L_{ij}^{Out}} \quad EC_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n L_{ij}^{Out}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n L_{ij}^{Out}} \quad AEC_i = \frac{EC_i^1 + EC_i^2}{2} \quad (1)$$

Az első mutató (EC^1) a sorösszesen, a második (EC^2) az oszlopösszesen arányában számolja a súlyokat.

Az ÁKM elemzése

A kínálatvezérelt esetben a nettó Leontief-mátrix esetében (7.b) az *energia-szektorra* elvégezve a számításokat az EC^1 értéke: $1,569/5,3203=0,2949$. Az oszlop-összesenek alapján számított mutató $1,0543/5,3203=0,1982$ (lásd a 8.b táblázat [1,2] és [2,2] elemét). A négysektoros ÁKM esetében a centralitás mérőszámai a következők:

	Keresletvezérelt				Kínálatvezérelt			
	Mező-gazd.	Ener-gia	Ipar	Szolgáltatás	Mező-gazd.	Ener-gia	Ipar	Szolgáltatás
EC^1 (sor)	0,2124	0,2318	0,2575	0,2983	0,2819	0,2949	0,2097	0,2134
EC^2 (oszl.)	0,2801	0,2527	0,2421	0,2251	0,2004	0,1982	0,3252	0,2762
AEC	0,2462	0,2422	0,2498	0,2617	0,2412	0,2465	0,2675	0,2448

8. táblázat. Az L^{net} keresletvezérelt (a) és az L^{net} kínálatvezérelt (b) mátrixból számított centralitási mérőszámok, dőlttel a hagyományos értelmezésű összesen értékekből nyert mutatószámok. *Forrás:* saját szerkesztés.

A bruttó és nettó inverz esetében nincs jelentős különbség a centralitási mutatók között, így csak a kereslet- és kínálatvezérelt nettó Leontief-inverzből számított értékeket közöljük a fenti táblázatban. Az összesített (*AEC*) mutatók szinte pontosan azonos súlyokat mutatnak mindkét esetben, így az egyes szektorok átlagos súlya azonosnak mondható. Az elemzésben az EC^1 és az EC^2 mutatókra térünk ki részletesebben.

A 8.a táblázatban a keresletvezérelt (hagyományos) Leontief-inverz esetén az oszlopösszesen értelmezése az, hogy mennyi pótlólagos erőforrásigény szükséges a szektorok egységnyi többletkibocsátásához (lásd a 6. táblázat elemzését, illetve az 1. Függelékét). A 8.a táblázat kiemelten jelölt cellái (EC^2) az ezen értelmezés szerint számított centralitás-mutatókat tartalmazzák, tehát az a szektor van központibb helyzetben, ahol több pótlólagos erőforrás szükséges az adott szektor egységnyi többletkibocsátásához, mivel *az a szektor annál erőforrás-igényesebb*. Egyúttal azonban a legnagyobb hatása is van a többi szektorra, azok kibocsátására, ezért ez a szektor *a legnagyobb hatású is egyben*. Ez esetben a *mezőgazdaság* a legnagyobb hatású, mivel a legerőforrás-igényesebb, 28%-kal, ezt követi az *energia* (25%) és az *ipar* (24%); a *szolgáltatás* értéke 22,5%.

A sorösszesen értelmezéséhez az 1. Függelék F1-es táblázata nyújt segítséget. Az előző bekezdésben leírtuk, hogy egységnyi kibocsátás mennyi forrásigénnyel jár. Amikor megnő egy szektor végső felhasználása, akkor a forrásigény az adott oszlop értékeinek megfelelően növekszik. Ezek az oszlopértékek egyúttal megnövelik a többi szektor végső felhasználását is, ezekkel az értékekkel. A hagyományos Leontief-inverz sorai azt az összesített hatást mutatják, hogy mi történne, ha mindegyik szektor végső felhasználása növekedne egy egységgel, úgy mennyivel nőne összesen a szektorok végső felhasználása. *Ez azt a helyzetet tükrözi, amikor általános fellendülés tapasztalható a gazdaságban, és mindegyik szektor terméke iránti kereslet egyaránt bővül*. A sorokban lévő egyes elemek mutatják, hogy az összes szektor egységnyi végső felhasználás-bővülése esetén az azokhoz szükséges erőforrásigény-bővülés következtében mennyivel nő az egyes szektorok végső felhasználása ténylegesen. Így az a szektor van legközpontibb helyzetben, amelyik *rendszerszinten a legnagyobb hatású, a legerőforrás-igényesebb, a legnagyobb mértékben támaszkodik a többi szektorra, a legtöbb erőforrásra van szüksége a többi szektortól a teljes rendszer keresletnövekedése esetén: ez a szolgáltatási szektor* (30%). Ezt követi az *ipar* (25,8%), az *energia* (23%), majd a legkisebb értékkel rendelkező *mezőgazdaság* (21%).

A multiplikátor-hatás (amikor csak egy szektor iránti termék kereslete bővül egy egységgel) összehasonlítható azzal, amikor mindegyik szektor terméke iránti kereslet bővül egy egységgel. Az előző esetben a *mezőgazdaság* egységnyi kibocsátásnövekedéséhez szükséges a legnagyobb forrásigény-növekmény (1,39, 6.b táblázat). Ez azt is jelenti, hogy ez növeli legjobban a többi szektor végső felhasználását, mivel a szektorok teljesítményének növeléséhez szükség van az import és a hozzáadott értékek növelésére is. Az utóbbi esetben viszont a *mezőgazdaság* az utolsó helyen van (lásd az előző bekezdést), mivel a többi szektortól összességében olyan keveset kap, hogy a többi szektor növekménye

öt kevésbé segíti.

A 8.b táblázat dőlttel jelzett centralitásmutatói (EC^1 , sorösszesenek alapján számított mutatók) azok szerint az értékek szerint számíthatók, amelyek azt fejezik ki, hogy az adott ágazat milyen többletfelhasználási lehetőséghez jut abban az esetben, ha az ágazat egységnyi pótlólagos erőforrásban részesül (lásd a 7. táblázat elemzését, illetve az 1. Függelékét). Így e szerint a centralitásmutató szerint az a szektor van központibb helyzetben, ahol egységnyi pótlólagos erőforrás nagyobb termelési értéket eredményez, tehát *minél jövedelmezőbb, ha csak az adott ágazatot fejlesztik*. Itt az *energiaszektornak* van a legmagasabb értéke (29,5%), kevéssel megelőzve a *mezőgazdaságot* (28,2%). A másik két szektor jelentősen kisebb értékekkel rendelkezik (21-21%).

Az oszlopösszesen értelmezéséhez az 1. Függelék F2-es táblázata nyújt segítséget. A kínálatvezérelt esetben az oszlopok azt jelentik, hogy ha mindegyik szektor erőforrása növekedne egy egységgel, akkor az adott oszlop szektora mennyivel több erőforrással rendelkezne, és ennek következtében mennyivel többet tudna értékesíteni a többi szektor számára. *Ez a helyzet adódhat akkor, ha egy gazdaság gyarapszik és egyformán szeretné erősíteni minden szektorát az elsődleges erőforrások növelése révén, mint pl. az import*. Ebben az esetben az a szektor van központibb helyzetben, *amelyik a leginkább kiszolgálja a többi szektort (közvetlenül és közvetetten)*. Ez a szektor a 8.b táblázat másik sora (EC^2) szerint az *ipar* (32,5%); ezt követi a *szolgáltatás* (27,6%), majd az utolsó két helyen a *mezőgazdaság* és az *energiaszektor* (20-20%) található.

A multiplikátor-hatás (amikor csak egy szektor forráslehetőségei bővülnek egy egységgel) itt is összehasonlítható azzal, amikor mindegyik szektor forráslehetőségei bővülnek egy egységgel. Az első esetben az *energiaszektor* egységnyi erőforrás-többlete eredményezi a legnagyobb felhasználás-növekményt (1,57, 7.b táblázat), míg a második esetben az utolsó helyen van (a *mezőgazdasággal* együtt, amelynek ugyancsak magas volt a multiplikátor-mutatója, lásd az előző bekezdést). A magyarázat hasonló az előzőhöz: nincs rászorulva a többi szektor erőforrásaira (az *energiaszektorhoz* hasonlóan), így összességében a legkisebb igény támasztódik vele szemben. Itt ismét érdemes felvetni a megújuló energiák kérdését, hiszen az energiaimport megújuló energiával való kiváltása esetén az *energiaszektor* jobban rászorulna a többi ágazatra (mindegyikre), így a 19%-os arány jelentősen nőhetne.

A centralitásmutatók rávilágítottak arra, hogy bizonyos értelemben mindegyik ágazat központi helyzetben van, ami az *AEC* szerint szinte teljesen azonos súlyt ad mindegyik szektornak. A döntéshozók számára különösen azok a centralitásmutatók adnak új információt, amelyek az egyes szektorok fejlesztésén túl az egész rendszer harmonikus fejlesztése esetén előálló helyzetet elemzik, mind forrás-, mind felhasználás-oldalról.

3.2 A belső körforgás mérése

Az ország exportjövödelmének növelése, a fenntarthatóság, az erőforrás-hatékonyság és a hulladékok újrahasznosítása miatt egyre fontosabbá válik a szek-

torok közötti folyamatok elemzése. Jámbor szerint: „A legfontosabb hosszú távú cél csak a hazai alapanyagokból származó magas hozzáadott értékű élelmiszerek előállítására és exportja lehet (a tömegtermékek exportja és a feldolgozott termékek importja helyett).” (2011, p. 790). A tanulmány szempontjából ezt a kijelentést nemzetgazdasági szempontból értelmezzük, azokra az esetekre, amikor a nagyobb feldolgozottságú termék többletköltsége nem haladja meg az így szerezhető többletbevétel nagyságát. Ilyen lehetőség van például a gabonaexport (tömegtermék-export) esetén akkor, ha az élelmiszeripar bevonásával élelmiszeripari terméként exportáljuk a gabonából készült termékeket. Ez a továbbfeldolgozás a szektorok közötti kapcsolat bővítését eredményezi.

A természeti erőforrások erőforrás-hatékonysága nő, amennyiben a hulladék/melléktermék újra felhasználásra kerül. A hulladékok/melléktermékek újrafelhasználásának témakörét Nakamura-Kondo (2009) tárgyalja részletesen. Az újrafelhasználás történhet szektoron belül (ami csak részletesebb szektorális felbontással mutatható ki) és egy másik szektor által is. Ezek a folyamatok megvalósíthatók a szektorok közötti kapcsolat megerősítésével, ami nem feltétlenül jelent visszacsatolást, azaz kölcsönösséget. Lehet szektoron belüli felhasználás – például mezőgazdasági hulladékkal fűtenek a terményszárítóban – illetve szektorok közötti felhasználás – például a fűtés során keletkezett hamut a cementiparban inputként felhasználják. Ezek *nem* elemei a belső körforgásnak.

Ökológiai értelemben vett rendszerszerű viselkedés akkor alakul ki, ha a visszacsatolós folyamatok elősegítik a rendszerelemek belülről való megerősítését. Ilyen folyamatok például a következők: A *mezőgazdaság* átadja a megtermelt terményt feldolgozásra az *iparnak*, ami a termelési folyamat hulladékát – például a törkölyt – visszaadja a *mezőgazdaságnak* talajjavítás céljából. Ezért a következő évben nagyobb lesz a termés, az *ipar* nagyobb hasznot realizálhat. Ebből fejleszthet olyan *mezőgazdasági* gépeket, amelyek ismét növelhetik az agrárágazat termelékenységét. Több pénz juthat az oktatásra – például adók formájában –, ahol a hatékonyabb *mezőgazdasági* termelést oktathatják, tehát újabb visszacsatolások keletkezhetnek a rendszerben. Ez az a rendszerszerű működés, ami a visszacsatolásokon alapul, és amelynek a mérése megoldható az ENA módszertanával.

A szektorok közötti kölcsönös – közvetlen és közvetett – kapcsolatot (visszacsatolást) hívjuk a rendszerben működő belső körforgásnak (cycling), ami elősegíti az adott rendszer rendszerszerű működését.

Fath (2012) meghatározása szerint a folyamat visszatér a kiindulási szektorához, ami történhet indirekt kapcsolatok révén is. A belső körforgás indexe (Finn-index) méri, hogy egy átlagos egység hányszor tovább marad a rendszerben a belső körforgás miatt, mielőtt elhagyná azt (Finn, 1976, p. 369). Fontos annak a ténynek a figyelembe vétele, hogy a *szektoron belüli forgalom lehet visszacsatolós is, de az ENA módszertana a szektorok közötti kialakuló visszacsatolást vizsgálja, így a szektorokon belüli visszacsatolások ezzel a módszertannal nem kimutathatók, csak a szektorok megfelelő alábontásával.*

Módszertan

Belső körforgás – a szektorokhoz történő visszaáramoltatás – esetén az L^{net} mátrix diagonális elemei nagyobbak lesznek egynél, ez jelzi a belső körforgás nagyságát. Ezért Han (1997 in Allesina, Ulanowicz, 2004) azt a módszert alkalmazza a belső körforgás kimutatására, hogy az L^{net} mátrix diagonális elemeiből képez egy olyan vektort (l vektor), ami megmutatja, hogy az egyes szektorok (ill. élőhelyeken élő fajok) a saját maguk ellátásán felül milyen arányban vesznek részt a többi faj, ágazat ellátásában. Az l vektor kiszámítása a következőképpen történik:

$$l_j = \frac{L_{jj}^{net} - 1}{L_{jj}^{net}}, \quad (2)$$

ahol az L_{jj}^{net} az L^{net} mátrix diagonális elemeit jelöli. Az l vektorból a számolás megkönnyítése miatt létrehozunk egy diagonális mátrixot (\hat{l}). Az L_{jj}^{net} diagonális elemekből is létrehozható ilyen mátrix a további számításokhoz, amelyet jelöljünk \hat{l}^d -vel. Az \hat{l} és az \hat{l}^d között fennáll a következő kapcsolat:

$$\hat{l} = I - (\hat{l}^d)^{-1}. \quad (3)$$

Az \hat{l} segítségével az L_{cyc} (a belső körforgás mátrixa) értékeit a következőképpen kapjuk meg:

$$L_{cyc} = L^{net} \hat{l}. \quad (4)$$

Szyrmer és Ulanowicz (1987) ennek az ellenkezőjét teszik, azaz nem kiszámolják, hanem kivesszük a Leontief-inverzből a visszaáramlásokat, tehát a belső körforgást: az L^{net} mátrixot elosztják annak diagonális elemeivel. Suh (2005) megoldását alkalmazva: beszorozzák az \hat{l}^d inverzével, így megkapják az L_{DInd} mátrixot:

$$L_{DInd} = L^{net} (\hat{l}^d)^{-1}. \quad (5)$$

Miután az L_{DInd} az a mátrix, amiből kivontuk a belső körforgást, értelemszerű, hogy az L^{net} mátrixból kivonva az L_{DInd} mátrixot, ugyanúgy megkapjuk az L_{cyc} mátrixot a (4), (3) és (5) alapján:

$$L_{cyc} = L^{net} \hat{l} = L^{net} (I - (\hat{l}^d)^{-1}) = L^{net} - L^{net} (\hat{l}^d)^{-1} = L^{net} - L_{DInd} \quad (6)$$

ahol

- L_{cyc} a belső körforgásra jutó felhasználás,
- L_{DInd} a közvetlen + közvetett felhasználás fennmaradó része.

Az L_{DInd} -ből kivonva az egységmátrixot megkapjuk a szektorok közötti közvetlen és közvetett, a körforgásoktól megtisztított forgalmat (L_{Ncyc}):

$$L_{Ncyc} = L_{DInd} - I. \quad (7)$$

Az L_{cyc} a belső körforgásra kidolgozott mutatószám-mátrix nem tartalmaz minden elemet, ami a belső körforgásnak köszönhető, lásd a részletes magyarázatot a 2. Függelékben.

A Leontief-inverzben megtalálhatók a belső körforgásnak köszönhető olyan elemek is, amelyek az L_{cyc} -ben, a belső körforgás mutatóit tartalmazó mátrixban nincsenek benne. Ez a különbség azokban a szektorokban jelentkezik, ahova csak értékesítés történik valamelyik olyan szektorból, amely egy másikkal kölcsönös kapcsolatban áll.

A ciklikusság, a belső körforgás indikátoraként leggyakrabban a Finn (1976) által kidolgozott mutatót használják, és róla is nevezték el Finn-indexnek. Ennek az indexnek vannak különböző változatai (lásd például Allesina és Ulanowicz, 2004; Kazanci et al., 2009), de az eredetileg kidolgozott indikátor a mai napig általánosan használt.

A Finn által kidolgozott módszertan szerint az l vektor értékeit (2) súlyozzák az egyes szektorok/fajok arányával ($x_j / \sum x_j$)

$$FCI_j = \frac{x_j}{\sum x_j} l_j. \quad (8)$$

A $\sum FCI_j$ (az FCI vektor elemeinek összege) adja a Finn-indexet (Allesina, Ulanowicz 2004).

Az ÁKM elemzése

Az alábbi táblázatban láthatók az L^{net} mátrixból származtatott, a szektorok saját működésének biztosításán felül a többi szektorral kialakított kapcsolatrendszer, mind a belső körforgás elemei (9.a) mind az egyéb direkt és indirekt kapcsolatok (9.b).

	B e l s ő (L_{cyc})				K ü l s ő (L_{Ncyc})			
	Mező-gazd.	Ener-gia	Ipar	Szolgáltatás	Mező-gazd.	Ener-gia	Ipar	Szolgáltatás
Mezőg.	0,0060	0,0001	0,0004	0,0001	0,0000	0,0066	0,0367	0,0049
Energia	0,0004	0,0084	0,0005	0,0005	0,0645	0,0000	0,0447	0,0330
Ipar	0,0009	0,0005	0,0130	0,0008	0,1353	0,0467	0,0000	0,0022
Szolg.	0,0010	0,0015	0,0015	0,0133	0,1727	0,1787	0,1202	0,0000

9. táblázat. Az $(L^{net} - I)$ mátrix felbontása: a belső körforgás (a) és az egyéb szektorok közötti kapcsolatok (b). Forrás: saját szerkesztés.

A fenti mutatókat számszerűsítve meghatározhatók azok összegszerű értékei. Az összes kibocsátásnak az ágazat saját működéséhez szükséges értéke, a termelőfelhasználás közvetlen-közvetett és a belső körforgásból származó elemei a nettó kereslet- és a kínálatvezérelt esetben a következők:

	K e r e s l e t v e z é r e l t					K í n á l a t v e z é r e l t				
	Mező-gazd.	Ener-gia	Ipar	Szolg.	Összesen	Mező-gazd.	Ener-gia	Ipar	Szolg.	Összesen
x'	1609	2985	17813	23100	45507	1609	2985	17813	23100	45507
l	895	1506	16115	20586	39103	1073	2319	14821	20889	39103
L_{cyc}	14	31	228	300	574	10	25	229	303	567
L_{Ncyc}	700	1448	1469	2214	5830	526	641	2762	1908	5837

10. táblázat. Az ÁKM összes kibocsátásának részelemei: keresletvezérelt, felhasználás-oldali (a) és kínálatvezérelt, forrás oldali (b) nettó Leontief-inverz esetén, Mrd Ft. Forrás: saját szerk.

	Keresletvezérelt				Kínálatvezérelt			
	Mező- gazd.	Ener- gia	Ipar	Szolgál- tatás	Mező- gazd.	Ener- gia	Ipar	Szolgál- tatás
x'	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
l	55,63	50,45	90,47	89,12	66,71	77,69	83,21	90,43
L_{cyc}	0,90	1,05	1,28	1,30	0,59	0,83	1,29	1,31
L_{Ncyc}	43,48	48,50	8,25	9,58	32,70	21,48	15,51	8,26

11. táblázat. Az ÁKM összes kibocsátásának részelei a keresletvezérelt (a) és a kínálatvezérelt (b) nettó Leontief-inverz esetén, százalék. Forrás: saját szerkesztés.

Amennyiben a bruttó modellt használnánk, úgy az L_{cyc} értékei tartalmaznák a szektorok belső forgalmát, amiben keverten vannak a visszacsatolások és az egyéb belső forgalmak. Feltételezve, hogy a belső forgalom szerkezetében hasonló az aránya a visszacsatolások és egyéb szektorális kapcsolatoknak, úgy látható, hogy ennek a hozzávétele teljesen eltorzítaná az elemzést.

A 10. és 11. táblázatban a *mezőgazdaságot* elemezzük tovább a négysetoros ÁKM-ben. A 2059 Mrd Ft-os értékéből (5. táblázat, *mezőgazdaság*, összes kibocsátás) elvéve a szektoron belüli forgalmat (450,3 Mrd Ft, lásd a táblázat diagonális elemét) marad 1609 Mrd Ft. Ebből a szektor saját működésének biztosítása (az egységmátrix) „elviszi” a végső felhasználásnak megfelelő összeget (895 Mrd Ft – 5. táblázat, 55,6% – 11.a táblázat). A kínálatvezérelt esetben forrás oldalról az import, termékadók és hozzáadott értékek összege (1073 Mrd Ft – 5. táblázat, 66,7% – 11.b táblázat) az ágazat működtetéséhez szükséges összeg, így mindkét esetben marad a hazai termelőfelhasználás saját felhasználáson felüli része, tehát a többi szektorral való kapcsolat. A *mezőgazdaság* felhasználás-oldali megközelítésben, amit értékesít a többi szektor számára (10.a táblázat), az 714 Mrd Ft (44,38%), amiből csak 14 Mrd Ft (0,9%) az, ami a kölcsönösségen alapul, tehát a belső körforgás része, ami a rendszerszerű működést elősegíti. Ilyen például az *ipar* által gyártott szárítóberendezéseken szárított termények értékesítése a *mezőgazdaságból* az élelmiszeriparba, valamint a közvetett hatások is (lásd a 2. Függelék). A hazai feldolgozottsági szintet növelő kapcsolatok (például gabona feldolgozása, vagy az újrafelhasználás (például szalmabálák energiácélú hasznosítása) a 700 Mrd Ft (43,38%)-ba tartozik. A többi szektor számára történő értékesítés aránya a *mezőgazdaság* és az *energiaszektor* esetén 40-50% közötti, míg a *szolgáltatásnál* és az *iparnál* a végső felhasználás aránya lényegesen magasabb, így a többi szektor számára történő értékesítés aránya 10% alatti mindkét esetben. Ez értékben még mindig magasabb, hiszen ez utóbbi két szektor összkibocsátása kb. a tízszerese a *mezőgazdaság* és *energiaszektor* kibocsátásának.

A forrásoldali megközelítésben (10.b táblázat) amit a *mezőgazdaság* a többi szektortól vásárol az 536 Mrd Ft (33,29%), amiből csak 10 Mrd Ft-nyi (0,59%) az, ami a kölcsönösségen alapuló, belső körforgás eleme. Ilyen például az *ipari* hulladék *mezőgazdaságba* való visszajuttatása (törköly talajjavításra), valamint a közvetett hatások is (lásd a 2. Függelék). Ami a feldolgozottsági szintet növeli, illetve erősíti a szektorok közötti kapcsolatokat (például szaktanácsadás a szolgáltatás részéről), az a 32,7%-ban van benne. A nem hazai termelő-felhasználás (import, hozzáadott értékek) aránya már

sokkal kiegyenlítettebb, mint felhasználás-oldalról: 67-90% közötti arányúak.

Ezek az eredmények vagy keresztmetszeti összehasonlításban – más országokkal –, vagy dinamikájukban – több évet összehasonlítva – lesznek majd jobban értelmezhetők, de ezek a mutatók más országok vonatkozásában jelenleg nem állnak rendelkezésre.

A Finn-index kiszámításához szükség van az egyes szektorok FCI elemeinek számszerűsítésére. Az *energiához* tartozó FCI_2 elem kiszámítása a (8) alapján, ahol az l_2 értéke a 6b-7b táblázatból 1,0084, az x_2 és a $\sum x$ értékei az 5. táblázatból 2984,58 és 45506,7 Mrd Ft:

$$FCI_2 = 2984,58/45506,7 * (1,0084 - 1)/1,0084 = 0,06557 * 0,00833 = 0,00055$$

Az FCI_1 értéke 0,000209, az $FCI_3 = 0,005033$, az $FCI_4 = 0,006664$, így az összesített $FCI = 0,01245$. Így a *gazdaság egészére* vonatkozó belső körforgás mértéke, a *Finn-index közelítő értéke 1,245%*. A 10. táblázat alapján a belső körforgás (574 és 567 Mrd Ft) aránya az összes felhasználáshoz (45506,7 Mrd Ft, nettó mátrix) viszonyítva 0,012, ami megegyezik a Finn-indexszel, így a súlyozás sokat nem változtatott a mutató nagyságán.

Megjegyzendő, hogy az Ulanowicz-féle iskola módszertana szerint mind az összes forrás, mind az összes felhasználás szerves része az összforgalomnak, így erre számolják a súlyokat, ami szerint a Finn-index megközelítőleg a fele lesz az eredeti értéknek: 0,0067. Az R szoftvercsomag az eredeti Finn-indexet számolja ki. Ez nem abszolút mutatószám, összehasonlításának csak hasonló rendszerekkel van értelme. Ökológiai rendszereknél ez az érték magasabb, például az egyik sokat hivatkozott rendszernél (Cone Spring, Guesnet et al., 2015, Szyrmer és Ulanowicz, 1987), a Finn-index 0,0663, ami ökológiai rendszerek esetén is alacsonynak számít. Ez az érték az ÁKM esetében ténylegesen magasabb lehet, hiszen feltételezhető, hogy a belső szektorális forgalom is tartalmaz visszacsatolást, amit részletesebb felbontással lehetne kimutatni.

A belső körforgás mutatói a döntéshozók szempontjából olyan pótlólagos információt szolgáltatnak, amely rávilágít az ország sérülékenységének, kiszolgáltatottságának mértékére. A mutatók igen alacsony szintje jelzi, hogy szinte teljesen hiányoznak azok a belső folyamatok, amelyek egy önálló rendszerként működő gazdaság fontos jellemzői. Itt megemlíthető ismét a megújuló energiák kérdése, ami jelentősen növelhetné a *mezőgazdaság-ipar-energia-szektor* közötti kölcsönös kapcsolatrendszer kiépítését, növelve ezzel a belső körforgás arányát és így a gazdaság rendszerszerű működését is.

3.3 Függőségi mutatók

Az ágazatok központi szerepének (3.1 fejezet) vizsgálata mellett az is nagyon lényeges, hogy a hazai termelő-felhasználáson belül mely szektorok függenek leginkább a többi szektortól, és melyiktől. Ez vonatkozik a forrásoldali és a felhasználásoldali függésre egyaránt. Fiscus (2009) a szarvasmarha-ágazatban azt vizsgálta, hogy a marhahúsban a nitrogéntartalom milyen hálózaton keresztül áramlik a fogyasztóhoz. Eredményei szerint van olyan elem a rend-

szerben, ami teljes függőséget mutat, tehát az az ipari részfolyamat nagyon finomra hangolt, nagyon hatékony.

Módszertan

Az ökológiában már a nettó L -inverz mátrix is használatos erre a célra, kivonva belőle az egységmátrixot ($L^{net} - I$), azaz a szektor saját működtetéséhez szükséges értékeket. Megmutatja, hogy mennyi az első, második stb. fokan a többiek számára biztosított kibocsátás (akkumulált hatás), benne a közvetett hatással és a belső körforgás hatásával. Suh (2005) ezt a mátrixot használja a kölcsönös függőség bemutatására. Ez a módszer használható kereslet- és kínálatvezérelt esetben is.

Szyrmer és Ulanowicz (1987) kialakítottak két függőségi mátrixot, két aggregált közbülső (*total intermediate*) input/output mátrixot¹⁷, tehát forrás és felhasználás-oldalról is vizsgálják a függőséget. Az input oldali mátrixot (D^{Inp}) Ulanowicz a *Neturk* szoftverében aggregált függőségi mátrixnak nevezi (Szyrmer megnevezése alapján).

A D^{Inp} és a D^{Out} mátrixok kiszámításának elve az, hogy az $(L - I)$ mátrixot osztják az L_{jj}^{net} diagonális elemekből létrehozott \hat{l}^d diagonális mátrixszal, azaz szorozzák annak inverzével. A két mátrix kiszámítása a következő (Szyrmer és Ulanowicz, 1987):

$$D^{Inp} = (\hat{l}^d)^{-1}(L - I) \quad \text{és} \quad D^{Out} = (L^{Out} - I)(\hat{l}^d)^{-1}. \quad (9)$$

Az ÁKM elemzése

A 12. és 13. táblázatokban láthatók a függőségi mutatók a (9) alapján.

	D^{Inp}				D^{Out}				Összesen
	Mezőgazd.	Energia	Ipar	Szolg.	Mezőgazd.	Energia	Ipar	Szolg.	
Mezőg.	0,0059	0,0069	0,0342	0,0069	0,0059	0,0127	0,3760	0,0989	0,4936
Energia	0,0642	0,0083	0,0415	0,0354	0,0347	0,0083	0,2464	0,2724	0,5618
Ipar	0,1443	0,0569	0,0129	0,0609	0,0131	0,0096	0,0129	0,0789	0,1145
Szolg.	0,1713	0,1791	0,1109	0,0131	0,0120	0,0232	0,0856	0,0131	0,1340
Össz.	0,3858	0,2511	0,1995	0,1163					

12. táblázat. A D^{Inp} és a D^{Out} függőségi mátrixok. Forrás: saját számítások.

	D^{Inp}				D^{Out}				Összesen
	Mezőgazd.	Energia	Ipar	Szolg.	Mezőgazd.	Energia	Ipar	Szolg.	
Mezőg.	1,5	2,7	17,2	6,0	1,2	2,6	76,2	20,0	100,0
Energia	16,7	3,3	20,8	30,4	6,2	1,5	43,9	48,5	100,0
Ipar	37,4	22,7	6,4	52,3	11,5	8,4	11,2	68,9	100,0
Szolg.	44,4	71,3	55,6	11,3	9,0	17,4	63,9	9,8	100,0
Össz.	100,0	100,0	100,0	100,0					

13. táblázat. A D^{Inp} és a D^{Out} függőségi mátrixok értékeiből számolt százalékos megoszlások. Forrás: saját számítások.

¹⁷ A_T és B_T mátrixként jelölik.

D^{Inp} és a D^{Out} mátrixok a fontosabb közvetlen és közvetett ágazatközi forgalom szerkezetét mutatják. Mivel jelentésükben és tartalmukban nagyon közel állnak az $(L - I)$ és az $(L^{Out} - I)$ mátrixokhoz, csak a számítási mód tér el, így az értelmezésükben segít az utóbbi két mátrix szerinti értelmezés.

A $D_{1,3}^{Inp}$ (0,0342, 12. táblázat) jelentése: az *ipar* vásárlásai milyen arányban származnak közvetlen és közvetett módon a *mezőgazdaságtól*, azaz mennyiben függ az *ipar* termékeinek előállítása a *mezőgazdasági* termékektől. E szerint a *mezőgazdaság* 0,0342-es értéke az *ipar* összes 0,2086-os értékéhez képest nincs 20%-os (13. táblázat), ellenben a *szolgáltatás*-tól való függés meghaladja az 50%-ot. Kiemelendő az *energiaszektornak* a *szolgáltatástól* való több, mint 70%-os függése, de az *ipar* is jelentősen függ a *szolgáltatástól*. A *szolgáltatástól* való nagymértékű függést nagyban meghatározza a *szolgáltatási* szektor több mint 50%-os súlya.

A felhasználás (output) alapú függésnél a $D_{1,3}^{Out}$ 0,376-os értéke (12. táblázat) azt mutatja, hogy a *mezőgazdaság* értékesítései (közvetlen és közvetett) döntően az *iparba* irányulnak (a 0,4936-hoz viszonyítva 76%-os a hazai termelői szektorbeli piaci függősége, 13. táblázat). Az *ipar* és a *szolgáltatás* közötti függőségi kapcsolat a felhasználás oldaláról is látszik: kimagasló arányúak az *iparnak* a *szolgáltatásba*, illetve a *szolgáltatásnak* az *iparba* történő értékesítései.

Megjegyzendő, hogy az $(L - I)$, illetve a D^{Inp} , valamint az $(L^{Out} - I)$, illetve a D^{Out} mátrixok valóban nagyon hasonló eredményt adnak a függőségre vonatkozóan, egyik mátrixérték sem tér el egy ezreléknél nagyobb mértékben egymástól.

Ezekben az esetekben a bruttó mátrixok elemzése annyival ad több információt, hogy az átló elemei a saját felhasználásnak köszönhetően jelentősen megnőnek.

A függőségi mutatók megmutatják a döntéshozóknak azokat az arányokat, ami a hazai termelőfelhasználás során a szektorok közötti kapcsolatokat jellemzik. A hagyományos, keresletvezérelt esetben nem az *energiaszektor* az, amelyiknek legjobban ki van szolgáltatva a többi szektor. A kínálatvezérelt esetben az elemzés nem hozott meglepetést: az *ipar* és a *szolgáltatás* az, amelyek felvevőkapacitásától legjobban függ valamennyi szektor.

4 Összegzés

A tanulmányban bemutattuk az ökológiai hálózatelemzés (ENA) input-output-elemzésen alapuló eszközrendszerét, amely továbbfejlesztette a közgazdaságtanból átvitt módszereket az ökológiai rendszerek sajátosságainak megfelelően. A tanulmányban egy négyszektoros ÁKM-re vonatkozóan mutattuk be a továbbfejlesztett eszközkészlet használatát. Mivel az ENA elsősorban a szektorok közötti szerkezeti kapcsolatok elemére fókuszál, ezért bevezettük a nettó input-output-modellt, amely a szektorok belső forgalmát figyelmen kívül hagyva jobban mutatja a szerkezeti összefüggéseket.

A termékek nagyobb feldolgozottsági szinten történő exportálása, vala-

mint a hulladékok, az eddig fel nem használt melléktermékek újrahasznosítása igényli a szektorok közötti szorosabb együttműködést. Azok a törekvések, hogy minél nagyobb hozzáadott értékkel exportáljunk, illetve újrahasznosítsuk a hulladékokat/melléktermékeket, nem feltétlenül jelentenek azonban belső körforgást is, mivel az akkor áll elő, ha az együttműködés kölcsönös, van a szektorok között visszacsatolás, ami elősegíti a rendszerszerű működést. Elsőként használtuk a gazdaságban – az ÁKM-re vonatkozóan – a belső körforgás nagyságának a mérését, ami jó indikátora lehet a gazdaság rendszerszerű működésének. Egyúttal kimutattuk, hogy a belső körforgás mérésére kidolgozott mutatószámok nem tartalmaznak minden olyan elemet, amelyek a belső körforgásnak köszönhetőek. Megállapítottuk, hogy a szektorok összes kibocsátásához képest a kölcsönös kapcsolatok, tehát a belső körforgás aránya alig nagyobb, mint egy százalék, ami egy túlságosan nyitott, (ökológiai értelemben vett) rendszerszerű működést alig mutató gazdaságot jelez.

A centralitási mutatók a szektorok központi szerepének a kimutatására szolgálnak. Az ÁKM négy szektora nagyjából azonos súlyú, nincs túl hangsúlyos szektor, de mindegyik szektor más miatt van központi szerepben. Megállapítottuk, hogy a *mezőgazdaság* a legerőforrás-igényesebb és így a legnagyobb hatással van a többi szektor kibocsátására – ha csak ezt a szektort fejlesztik. A *szolgáltatási* szektornak van a legnagyobb rendszerszintű erőforrás-igénye, így legnagyobb szüksége is a többi szektorra. Az *energiaszektor* fejlesztése a legjövődélmezőbb egy szektor fejlesztése esetén, és az *ipar* szolgálja ki legjobban a többi szektort a rendszer egészének a fejlesztése esetén.

A szektorok függőségi viszonyainak elemzése rávilágított, hogy egy-két helyen van erősebb szektorális függés. Így az *energiaszektor* termelése több, mint 70%-ban függ a *szolgáltatási* szektortól a hazai termelőfelhasználást figyelembe véve. A *mezőgazdaság* értékesítése több, mint 75%-ban az *iparba* történik, így felhasználás oldalról ez jelenti a legjelentősebb függést.

A tanulmány hiányossága, hogy az elemzések szándékoltan nagyon vázlatosak. Nem mindegyik mutató bevezetése ad az ÁKM esetében látványos eredményeket. Így például a belső körforgás mutatója a szektorok közötti forgalmon alapul, tehát nagyobb, *megfelelően kialakított* szektorális felbontás esetén lehetne igazán azonosítani a körforgásban résztvevő tevékenységeket/szervezeteket. További hiányosság, hogy a vállalatokon/szektorokon belüli hulladék-újrahasznosítás ezzel a módszerrel csak közvetetten mutatható ki (például kevesebb energiát vásárol), hiszen ennek a helye a hozzáadott értékek között lehetne a saját vállalat szempontjából, és az ENA a szektorok közötti kapcsolatra fókuszál.

További elemzéseket lehetne végezni a részletes ÁKM vizsgálatával az egyes módszertani elemekre vonatkozóan (például függőség), ahol a szektorok közötti és belüli forgalom máshogy alakul és pontosíthatók a mutatók.

Az ÁKM elemzése során olyan új eredményeket kaptunk, amelyeket a hagyományos elemzési eszközökkel nem érhattünk volna el. Összességében megállapítható, hogy az ökológiai hálózatelemzés módszertana gazdagíthatja a gazdasági elemzés módszertanát.

1. Függelék. Matematikai függelék, az elemzés keretrendszere

Az elemzés alapjául a következő, az IOA-nak megfelelő keretrendszert választottuk, Zalai (2012, p. 177) alapján¹⁸:

	Hazai termelő-felhasználás	Végső felhasználás	Összes felhasználás (kibocsátás)
Hazai termelőfelhasználás	Z	Y – oldalsó szárny	x'
Importált termékek, adók + hozzáadott értékek	H – alsó szárny	Import végső felhasználásra Termékadók és támogatások egyenlege	
Osszes ráfordítás (kibocsátás)		x	

F.1. ábra. A keretrendszer elemei, „B” típusú alapítás ÁKM esetén. Forrás: Saját szerkesztés Zalai (2012, p. 177) alapján.

A belső, Z mátrix egy $n \times n$ elemű mátrix, ahol az n jelöli a szektorok, vagy az ökológiában az egyes populáció-csoportok (rókák, kígyók stb.) számát. Az oszlopok mentén, balról jobbra haladva: Jelöljük z^{Out} -tal azt az oszlopvektort, ami tartalmazza az egyes szektorok más szektoroknak átadott összes értékét, Y -nal pedig a szektorok végső felhasználásának mátrixát (végső fogyasztás, export – oldalsó szárny). Az Y összesítése révén kapjuk az y (oszlop)vektort, y_i értékekkel (végső felhasználás vektora). Az x' oszlopvektor jelöli a szektorok összes kibocsátását, felhasználását. A továbbiakban ezt összes felhasználásnak hívjuk: $z^{Out} + y \rightarrow x'$.

A sorok szerint haladva, fentről lefelé, z^{In} -nel jelöljük azt a sorvektort, ami tartalmazza az egyes szektorok működéséhez szükséges, a többi hazai szektortól származó összes inputját, z_j^{In} értékekkel. A H mátrix (import+termékadók, támogatások valamint a hozzáadott értékek, mint a bérek, más néven: pótlólagos elsődleges erőforrások – alsó szárny) összegzéseként előálló (sor)vektor a h vektor. Az x sorvektor jelöli a rendszer összes forrását/ráfordítását ($H + Z$ összesítése, x_j értékekkel - oszlopösszegek): $z^{In} + h \rightarrow x$. Ezt a továbbiakban összes forrásnak vagy ráfordításnak hívjuk. A mátrix tartalmazza azokat a külső inputokat is (import, termékadók és támogatások egyenlege) a H mátrix megfelelő sorainál, amelyek azonnal végső felhasználásra kerülnek; ezeket a jobb alsó szárny tartalmazza.

¹⁸A tanulmánynak nem célja az input-output-elemzés részletes módszertanának ismertetése. A szükséges alapszintű ismeretek több helyen is elérhetők, lásd például Zalai (2012), vagy Perman et al. (2011), amely irodalmak ennek az összefoglalónak is az alapját képezik.

A Z mátrixhoz hozzárendelhető egy ún. technológiai mátrix (A , ahol a mátrix elemei $a_{ij} = Z_{ij}/x_j$) (vagy nettó ráfordításiegyüttható-mátrix – Zalai, 2012, p. 124), ahol az A elemeivel összeszorozva az oszlopösszegeket (x_j) visszakapjuk a Z mátrix elemeit: $Z_{ij} = a_{ij}x_j$, illetve mátrixalgebrai eszközökkel a szektorok más szektorok számára történő kibocsátását:

$$Ax' = z^{Out}, \quad x' = z^{Out} + y \rightarrow x' = Ax' + y. \quad (F.1)$$

Az a_{ij} elemeket itt a ráfordításokkal, azaz az x_j -kkel normálva kaptuk meg (Z_{ij}/x_j), de ugyanúgy normálhatunk a szektorok összes felhasználására is (Z_{ij}/x'_i), ekkor kapjuk meg a nettó kibocsátásiegyüttható-mátrixot (Zalai, 2012, p. 257), amit nevezzünk A^{out} -nak. Ebből szintén visszanyerhető a Z_{ij} mátrix: $Z_{ij} = a_{ij}^{out}x_i$, illetve mátrixalgebrai eszközökkel a szektorok összes forrását kapjuk:

$$xA^{Out} = z^{In}, \quad x = z^{In} + h \rightarrow x = xA^{Out} + h. \quad (F.2)$$

A közgazdaságtanban inkább az első esetet vizsgálják, ez a keresletvezérelt elemzés: a szektor kibocsátásához milyen erőforrások szükségesek; így megállapítható például, hogy milyen visszahatása van a felhasználás-változásnak. Ezért a kibocsátáshoz szükséges struktúra megállapításához az (F.1) alapján kifejezték az y -t: $x' - Ax' = y$, amiből $(I - A)x' = y$, ahol I az egységmátrix. Innen adódik az

$$x' = (I - A)^{-1}y = Ly \quad (F.3)$$

megoldás, ahol az L a közgazdaságtanban általánosan használt (alapértelmezés szerinti, hagyományos, keresletvezérelt) Leontief inverz, a struktúramátrix, amelynek egyik legjellemzőbb felhasználása annak vizsgálata, hogy a végső felhasználás változásához milyen erőforrásigény szükséges. Így a kibocsátás-tervezésnél meghatározhatók az (egy időszak) szükséges ráfordítások. Az Ly négysektoros változatának felírása segít abban, hogy a függőségi és centralitás-mutatókat jobban tudjuk értelmezni, ezért bemutatjuk a részletes mátrixot is:

$L_{11}*y_1$	$L_{12}*y_2$	$L_{13}*y_3$	$L_{14}*y_4$
$L_{21}*y_1$	$L_{22}*y_2$	$L_{23}*y_3$	$L_{24}*y_4$
$L_{31}*y_1$	$L_{32}*y_2$	$L_{33}*y_3$	$L_{34}*y_4$
$L_{41}*y_1$	$L_{42}*y_2$	$L_{43}*y_3$	$L_{44}*y_4$

F1. táblázat. Ly felírásában fellépő mátrixelemek négysektoros modell esetén. Forrás: Saját szerkesztés.

Az ökológiában a végső felhasználás szerepe nem olyan jelentős, inkább a forrásokra/ráfordításokra, illetve azoknak a populációcsoportokra gyakorolt hatását vizsgálják, ezért inkább a második összefüggésből (F.2) indulnak ki, ez a kínálatvezérelt elemzés: $x - xA^{Out} = h$, amiből $x(I - A^{Out}) = h$, ahol I az egységmátrix. Innen adódik az

$$x = h(I - A^{Out})^{-1} = hL^{Out}. \quad (F.4)$$

A hL^{Out} szorzat összetevői részletesen felírva a következők:

$h_1 * L_{11}^{Out}$	$h_1 * L_{12}^{Out}$	$h_1 * L_{13}^{Out}$	$h_1 * L_{14}^{Out}$
$h_2 * L_{21}^{Out}$	$h_2 * L_{22}^{Out}$	$h_2 * L_{23}^{Out}$	$h_2 * L_{24}^{Out}$
$h_3 * L_{31}^{Out}$	$h_3 * L_{32}^{Out}$	$h_3 * L_{33}^{Out}$	$h_3 * L_{34}^{Out}$
$h_4 * L_{41}^{Out}$	$h_4 * L_{42}^{Out}$	$h_4 * L_{43}^{Out}$	$h_4 * L_{44}^{Out}$

F2. táblázat. hL^{Out} felírásában fellépő mátrixelemek négyszektoros modell esetén. Forrás: Saját szerkesztés.

Az L^{Out} (kínálatvezérelt Leontief-inverz) segítségével azt vizsgálják, hogy pótlólagos erőforrások milyen változást eredményeznek az összes felhasználásban (kibocsátásban), tehát az előreható kapcsolatokat vizsgálják (Zalai, 2012, p. 257). Ez a megközelítés is megjelenik a közgazdaságtanban: Ghosh ezt toló hatásnak nevezte (Ghosh, 1958 in Zalai, 2012, p. 257), illetve Augusztinovic (1970) is foglalkozott ezzel a kínálatvezérelt mátrixszal. (Ulanowicz többször idézi Augusztinovic Máriának a cikkét, például Szyrmer és Ulanowicz, 1987.) Az ökológiai irodalomban gyakran használják az L^{Out} mátrixot, lásd például a tanulmányban tárgyalt centralitási mérőszámokat vagy a függőséget bemutató mátrixokat.

Zalai (2012, p. 257) felhívja arra a figyelmet, hogy a kínálati toló hatás érvényesülése esetén a ráfordítási szerkezet tetszés szerint alakulhat, ami feltételezi, hogy a felhasznált termékek között nagyfokú helyettesíthetőség van. Ez a probléma azért jelentkezik, mert a változást (Δh) az általunk fontosnak tartott szerkezetben „toljuk rá” a többi ágazatra is (lásd az F2. táblázat első oszlopát), ami valószínűleg megváltoztatja a ráfordítási szerkezetet. Amennyiben a termelési tényezők egymást valóban helyettesíthetik, úgy ez nem probléma, de a ráfordítási szerkezetet az ökológiában is szabályozza az evolúció, mint ahogy a gazdaságban is lassú folyamat a szerkezetváltozás/változtatás. A fentiek értelmében óvatosan kell eljárni a (Δh) meghatározásakor; a megbízosabb, ha az követi a Leontief-inverz által kialakított szerkezetet.

2. Függelék. Közvetlen, közvetett kapcsolatok, valamint a belső körforgás

A függelék célja azoknak a közvetett hatásoknak a kimutatása, amelyek kezelhetők a belső körforgás elemeiként, a Leontief-inverz ki is mutatja őket, de a belső körforgás mutatói nem tartalmazzák azokat. Ennek bemutatására készítünk két mintapéldát, ahol az egyik esetben nincs körforgás, a másik esetben van. Mindkét esetre vonatkozóan közöljük a belső körforgás mutatóit (L_{cyc} mátrix, F3/3 táblázatok), ahol látható, hogy az egymással kölcsönös kapcsolatba lépő szektorok között kimutatható a belső körforgás, a többi szektornál nem. Azt is bemutatjuk a Neumann-hatványsor segítségével, hogy van olyan hatás a többi szektorban is, ami a létrejött kapcsolatnak, tehát a belső körforgásnak köszönhető (F3/7 táblázatok).

A Leontief-inverz konvergál a Neumann-hatványsorral (lásd például Zalai, 2012, p. 160), Szyrmer és Ulanowicz, 1987), tehát az L felbontható a

következésképpen (ahol az $A^0 = I$, $A^1 = A$):

$$(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots \quad (\text{F.5})$$

A jelen tanulmányban használt input-output-elemzés során bemutatott rendszerben változatlan inputok által változatlan outputok kibocsátása történik a szektorok közötti áramlások állandóságát feltételezve (stacionárius modell). Amennyiben az i és j -edik ágazat nem függ közvetlenül egymástól, de mindegyik függ például a k -adiktól ($a_{ij} = 0$, de $a_{ik} > 0$ és $a_{kj} > 0$ – az A mátrixok elemeit a_{ij} -vel jelöljük), akkor az A^2 -ben az a_{ij} helyén pozitív érték lesz, mutatva a kettő közötti közvetett kapcsolatot (Zalai, 2012, p. 159).

Az is lehet, hogy ez a közvetett kapcsolat még egy szinttel arrébb tolódik, tehát az egyik függ egy k_1 , a másik egy k_2 cellától, amelyek nincsenek egymással kapcsolatban, de mindkettő függ egy m cellától, akkor az A^3 -ban lesz majd az a_{k_1, k_2} cellában pozitív érték. Ezen kívül a belső körforgást is tartalmazza a mátrix, amikor az egyes szektorok visszaáramoltatják a hozzájuk beérkezett inputot, tehát közvetlen és közvetett módon is részt vesznek egymás tevékenységében. Ez a belső körforgás az A^3 -tól végig ott szerepel az A -mátrixokban.

A lenti példában a négysektoros ÁKM-ben az első esetben (F3/a táblázatok) az *energiaszektor* ad az *iparnak*, az *ipar* a *mezőgazdaságnak*, a *mezőgazdaság* pedig a *szolgáltatásnak* terméket, a *szolgáltatás* pedig csak végső felhasználásra szolgáltat. Ebben az esetben a Leontief inverz átlóiban 1-es értékek szerepelnek (F3/a/2 táblázat), mivel nincs a többi szektor számára szállított termék/szolgáltatás. A belső körforgás mátrix elemeinek értéke (L_{Cyc} , F3/a/3 táblázat) ennek következtében végig nulla. Az A^1 tartalmazza a közvetlen kapcsolatokat, tehát ott van benne érték, ahol az ÁKM-ben is. Az A^2 -ben a közvetett kapcsolatok vannak, így az *energia* és a *mezőgazdaság* [2,1] cellájába pozitív érték kerül, mert volt direkt kapcsolat az *energia* és az *ipar*, valamint az *ipar* és a *mezőgazdaság* között. Ugyanúgy kerül az *ipar-szolgáltatás* [3,4] cellájába is pozitív érték, mert volt közvetlen kapcsolat az *ipar*-*mezőgazdaság* és a *mezőgazdaság-szolgáltatás* között. Mivel az *energia* a *mezőgazdaságot* közvetetten befolyásolta (A^2 [2,1]), a *mezőgazdaság* a *szolgáltatást* viszont közvetlenül (A^1 , [1,4]), így az *energia* és a *mezőgazdaság* is kapcsolatba kerül egy következő szinten (A^3 , [2,4] cella). Ennél magasabb szintű kapcsolat nincs a rendszerben, ezért az A^4 -es mátrix (és onnantól a többi hatvány is) már végig nulla.

Az F3. ábra b) oszlopában közölt mátrixoknál ebbe a rendszerbe belép egy körforgásos elem, azaz az *ipar* visszaad az *energiaszektor*nak 135,6 Mrd forintnyi terméket. Alatta a Leontief-inverz megfelelő elemei [2,2] és [3,3] nagyobbak lesznek 1-nél a másik szektorok visszajuttatott érték következtében (F3/b/2 táblázat), még hozzá a kölcsönösségnek megfelelő mértékben, ugyanannyival növelve mindkét diagonális elem értékét. Ez a folyamat követhető az A^2 mátrixban, ahol a [2,2] és [3,3] érték az A^1 – közvetlen kapcsolatok mátrixa – megfelelő [2,3] és [3,2] celláinak a szorzata. Az A^3 -as mátrixtól kezdődően ez a folyamat végtelenedik, hol a [2,3] [3,2], hol a [2,2] és [3,3]

7.	A^4 – körforgás nélkül				A^4 – körforgással			
	Mezőg.	Energia	Ipar	Szolg.	Mezőg.	Energia	Ipar	Szolg.
Mezőg.	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Energia	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002	$6 \cdot 10^{-6}$	0.00000	0.00000
Ipar	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	$6 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$
Szolg.	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

F3. táblázat. A négysektoros ÁKM bemutató példája a körforgás ábrázolására, a bal oldali oszlopban a körforgás nélküli (a), a jobb oldaliban pedig a körforgás belépésével (b). A táblázatok bal felső sarkában a sorszámok az egyes táblázatsorokra vonatkoznak. Forrás: saját szerkesztés.

Irodalom

1. Allesina, S., Ulanowicz, R. (2004) Cycling in ecological networks: Finn's index revisited, *Computational Biology and Chemistry* 28, 227–233.
2. Augusztinovics, M. (1970) Methods of International and Intertemporal Comparison of Structure. In *Contributions to Input-Output Analysis* (Ed. A. P. Carter and A. Bródy). North-Holland Publishing Company, Amsterdam-London.
3. Augusztinovics, M. (1995) What Input-Output is about? *Structural Change and Economic Dynamics* 6, 271–277.
4. Baumol, W. J. (2000) Leontief's Great Leap Forward: Beyond Quesnay, Marx and von Bortkiewicz," *Economic Systems Research, Journal of the International Input-Output Association* (special issue), 12(2), 141–152.
5. Bodini, A., Bondavalli, C., Allesina, S. (2012) Cities as ecosystems: Growth, development and implications for sustainability, *Ecological Modelling*, 245, 185–198.
6. Borrett, S. R., Lau, M. K. (2014) enaR: An R package for Ecosystem Network Analysis, *Methods in Ecology and Evolution*
7. Borrett, S. (2013) Throughflow centrality is a global indicator of the functional importance of species in ecosystems, *Ecological Indicators*, 32, 182–196.
8. Bossel, H. (1994) *Modeling and Simulation*. A K Peters/CRC Press.
9. Cooper S. J. G, Giesekam J., Hammond G. P., Norman J. B., Owen A., Rogers J. G., Scott K. (2017) Thermodynamic insights and assessment of the 'circular economy', *Journal of Cleaner Production*, 162, 1356–1367. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.169.
10. Fann, S., Borrett, S. (2012) Environ centrality reveals the tendency of indirect effects to homogenize the functional importance of species in ecosystems, *Journal of Theoretical Biology*, 294, 74–86.
11. Fath, B. (2014) Quantifying economic and ecological sustainability *Ocean & Coastal Management*, 108, 13–19.
12. Fath, B. (2012) Analyzing Ecological Systems Using Network Analysis, *Ecological Questions*, 16, 77–86, doi: 10.2478/v10090-012-0008-0.
13. Fath, B. D. & Patten, B. C. (1999). Review of the foundations of network environ analysis, *Ecosystems*, 2, 167–179.
14. Finn, J. T. (1976). Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows. *Journal of Theoretical Biology*, 56, 363–380.
15. Fiscus, D. A. (2007) Comparative Ecological Modeling for Long-term Solution of Excess Nitrogen Loading to Surface Waters and Related Chronic and Systemic Human-Environment Problems, Doctoral dissertation, <http://drum>.

- lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/6791/umi-umd-4277.pdf; sequence=1, letöltve: 2016.08.16.
16. Fiscus, D. A. (2009) Comparative network analysis toward characterization of systemic organization for human–environmental sustainability, *Ecological Modelling*, 220, 3123–3132.
 17. Forrester, Jay W. (1969) *Urban Dynamics*. Pegasus Communications, Inc.
 18. Goerner, S. J., Lietaer, B., Ulanowicz, R. E. (2009) Quantifying economic sustainability: Implications for free-enterprise theory, policy and practice, *Ecological Economics*, 69, 76–81.
 19. Guesnet, V – Lassalle, G. – Chaalali, A. – Kearney, K. – Saint-Béat, B. – Karimi, B. – Grami, B. – Tecchio, S. – Niquil, N. – Lobry, J. (2015) Incorporating food-web parameter uncertainty into Ecopath-derived ecological network indicators *Ecological Modelling*, 313, 29–40.
 20. Hannon, B. (1973) The structure of ecosystems. *Journal of Theoretical Biology*, 41, 535–546.
 21. Hubbell, C. H. (1965) An input–output approach to clique identification. *Sociometry*, 377–399.
 22. Jámbor, A. (2011) Az agrárkereskedelem változása Magyarország és az Európai Unió között a csatlakozás után, *Közgazdasági Szemle*, 58, 775–791.
 23. Jordán, F., Benedek, Z., Podani, J. (2007) Quantifying positional importance in food webs: a comparison of centrality indices. *Ecological Modelling*, 205, 270–275.
 24. Kazanci, C., Matamba, L., Tollner, E. W. (2009) Cycling in ecosystems: An individual based approach *Ecological Modelling*, 220, 2908–2914.
 25. Kemény, G. – Lámfalusi, I. – Tanító D. (2012) Az agrárgazdaság nemzetgazdasági szerepe az ágazati kapcsolatok mérlege alapján, *Gazdaság*, 56(3), 201–210.
 26. Koppány, K. (2018) Mi lenne velünk az autóipar nélkül? Ágazataink nemzetgazdasági jelentőségének vizsgálata input-output táblákkal és hypothetical extractions módszerrel, *Sigma*, 49(1-2), 11–38.
 27. Lenzen, M. (2007) Structural path analysis of ecosystem networks, *Ecological modelling*, 200, 334–342.
 28. Minx, J. C., Creutzig, F., Medinger, V., Ziegler, T., Owen, A. and Baiocchi, G. (2011) Developing a Pragmatic Approach to Assess Urban Metabolism in Europe - A Report to the Environment Agency prepared by Technische Universität Berlin and Stockholm Environment Institute, Climatecon Working Paper 01/2011, Technische Universität Berlin.
 29. Miller, J. H., Page, S. E. (2007) *Complex Adaptive Systems*. Princeton University Press.
 30. Miller, R. E., Blair, P. D. (2009) *Input–Output Analysis - Foundations and Extensions*, Second Edition. Cambridge University Press.
 31. Nakamura, S., Kondo, Y. (2009) *Waste Input-Output Analysis – Concepts and Application to Industrial Ecology Eco-efficiency in Industry and Science*, Volume 26, Springer, ISBN: 978-1-4020-9901-4
 32. Odum, H. T. (1998). Self-organization, transformity and information. *Science*, 242 (4882), 1132–1139.
 33. Perman, Ma, Common, Maddison & Mcgilvray (2011) *Natural Resource and Environmental Economics*, 4th edition. Addison-Wesley.

34. Révész, T., Zalai, E. (2012) A számszerűsített általános egyensúlyi (CGE) modellekről, *Sigma*, 43(1-2), 73–106.
35. Révész, T. (2001) A turizmus költséghatás-elemzése SAM-moddellel *Statiztikai Szemle*, 79(10-11), 825–847.
36. Scharler, Ursula M., Fath, B. D. (2009) Comparing network analysis methodologies for consumer–resource relations at species and ecosystems scales, *Ecological Modelling*, 220, 3210–3218.
37. Schmidt-Bleek F. (2008) Factor 10: The future of stuff. *Sustainability: Science, Practice, & Policy* 4(1):1–4. Published online May 08, 2008. <http://archives/vol4iss1/editorial.schmidt-bleek.html>.
38. Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication, *Bell Syst. Tech. J.* 27, 379–423.
39. Suh, S. (2005) Theory of materials and energy flow analysis in ecology and economics, *Ecological Modelling*, 189, 251–269.
40. Szabó, N. (2015) A regionális input-output táblák becslési módszerei, *Területi Statisztika*, 55(1), 3–27.
41. Szyrmer, J., Ulanowicz, R. E. (1987) Total Flows in Ecosystems, *Ecological Modelling*, 35, 123–136.
42. Ulanowicz, R. E. (2009) The dual nature of ecosystem dynamics. *Ecological Modelling*, 220, 1886–1892.
43. Ulanowicz, R. E., Kay, J. J. (1991). A package for the analysis of eco-systems flow networks. *Environmental Software*, 6(3), 131–142.
44. Ulanowicz, R. E. (1986) *Growth & Development: Ecosystems Phenomenology*. Springer-Verlag, NY.
45. Ulanowicz, R. E. (1980) A hypothesis on the development of natural communities, *Journal of Theoretical Biology*, 85, 223–245.
46. Varga, A., Hau-Horváth, O., Szabó, N., Járosi, P. (2013) A GMR–Európa-modell alkalmazása kék gazdaság-típusú innovációk hatásvizsgálatára, *Területi Statisztika*, 53(5), 411–434.
47. Weizsäcker Von E., Lovins A. B., Lovins L. H. (1997) *Factor Four – Doubling Wealth, Halving Resources Use*, Earthscan Eds, London.
48. Wright, D. J. (1975). The natural resource requirements of commodities. *J. Appl. Econ.* 7(1), 31–39.
49. Zalai, E. (2012) *Matematikai Közgazdaságtan II*. Akadémiai Kiadó.
50. Zhang, Y., Zheng, H., Yang, Z., Li, J., Yin, X., Liu, G. Su, M. (2015) Analysis of urban energy consumption in carbon metabolic processes and its structural attributes: a case study for Beijing, *Journal of Cleaner Production*, 103, 884–897.

EXAMINATION OF THE FOUR-SECTORS' NATIONAL INPUT-OUTPUT
TABLE WITH THE METHODOLOGY OF ECOLOGICAL NETWORK
ANALYSIS (ENA)

The input-output analysis – thanks to the underlying general logic – proved to be an efficient methodology in the ecology from the 1960s. This methodology became one of the keystones of Ecological Network Analysis – ENA. In accordance with

the ecological specialities, during the decades, altering developments occurred on this field – e.g. ecology focussed more on the output-oriented calculations - that can enrich the tool set of the economic analysis. With help of the ENA one can quantify the cycling, which is based on the mutual relationships of sectors and one of the condition of the „systemic” behavior of a system. Centrality and dependency indicators are also calculated, which show the central position and dependency of the sectors from other sectors. This study brings back these developments into the economy and illustrates the methodology through a brief analysis of a 4 sectors’ national input-output table of Hungary from 2010. The conclusion of the study is that ENA enriches the quality and quantity of the economic analysis as well, but more work is needed to properly utilise the potential of the ENA methodology.