

MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében

Dr. Oláh Judit

**Debrecen
2021**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Kutatási kérdések.....	3
3. A kutatási munka adatbázisai.....	4
3.1. Biomassza alapú gazdaság és körforgásos gazdaság	4
3.2. Az EU bioökonómiai stratégiája	4
3.3. A biomassza globális termelésének és felhasználásának alakulása	5
3.4. Bioökonómia: élelmezés-biztonsági prioritás	6
3.5. Bioökonómia: fenntarthatósági prioritás	6
4. Az új tudományos eredmények rövid összefoglalója	7
4.1. Biomassza alapú gazdaság és körforgásos gazdaság	7
4.1.1. A bioökonómia vagy biomassza alapú gazdaság kihívásai.....	7
4.1.2. Körforgásos gazdaság	9
4.1.3. Rövid élelmiszerellátási lánc szerepe.....	9
4.2. Az EU bioökonómiai stratégiája	10
4.2.1. Fenntarthatóság és körforgás.....	10
4.2.2. Versenyképes és klímasemleges zöldgazdaság.....	10
4.2.3. A biomassza alapú gazdaság szerepe	11
4.2.4. Gazdasági és társadalmi hatások	11
4.3. A biomassza globális termelésének és felhasználásának alakulása	12
4.4. Bioökonómia: élelmezés-biztonsági prioritás	13
4.4.1. Túltápláltság, alultápláltság.....	13
4.4.2. Élelmiszerpazarlás, különös tekintettel a gabona ellátási láncra.....	14
4.4.3. Alternatív fehérjeforrások	15
4.5. Bioökonómia: fenntarthatósági prioritás	17
4.5.1. Környezetbiztonság	17
4.5.2. Energiabiztonság	17
5. Hivatkozások jegyzéke	20
6. A téziseket alátámasztó publikációk jegyzéke	25
7. Tudományos munkásság összefoglaló táblázata	27
8. Köszönetnyilvánítás	29

1. Bevezetés

Munkám során meghatározó szakmai élményem volt, hogy 2010-ben néhány oktató és kutató által életre hívott kutatócsoport tagja lettem a Debreceni Egyetemen. Az előttünk álló egyik legnagyobb kihívás a növekvő számú globális népesség élelmiszerrel, tiszta energiával és egyéb bioalapú alapanyagokkal történő ellátása véges természeti erőforrások mellett. Kutatásaimban 2010 után kezdtem intenzíven foglalkozni a globális élelmiszerbiztonság kérdéskörével, majd a megújuló energia és környezetvédelem szerepének elemzése került a középpontba, végül a körforgásos és biomassa alapú gazdaság kilátásait kezdtem el kutatni. Kutatómunkám kiindulópontja a biomassa alapú gazdaság globális és uniós, azon belül elsősorban az élelmiszer-, energia- és környezetbiztonság aspektusainak vizsgálata volt.

2018-ben sikerült elnyernem a Bolyai János kutatói ösztöndíjat (Az élelmiszeripari innováció és technológia szerepe és hatása a versenyképességre és élelmiszerárindex alakulására, (2018-2021). A Bolyai János ösztöndíj mellett 4 alkalommal Új Nemzeti Kiválóság Programot (ÚNKP) is nyertem a következő témakörökben: A bioüzemanyag-, a kőolaj- és mezőgazdasági nyersanyagárak volatilitásának és egymásra gyakorolt hatásának elemzése” c. kutatás (2017-2018); A fehérjetakarmány-piac kilátásai alternatív fehérjeforrás tükrében” c. kutatás (2018-2019); Az Ipar 4.0 technológia hatása az élelmiszer-feldolgozó és -kereskedő vállalatok versenyképességére” c. kutatás (2019-2020); A fenntartható biomassa alapú gazdaság (bioökonómia) fő tényezőinek elemzése” c. kutatás (2020-2021). Az Erasmus keretében (2015-2019) lehetőségem volt együttműködni Prof. Sebastian Kot, Prof. Beata Ślusarczyk, Prof. Yuriy Bilan és Prof. Włodzimierz Sroka kutatókkal a bioenergia és környezetbiztonság témakörökben. A rangos nemzetközi folyóiratokban megjelent növekvő publikációim eredményeként egyre több folyóiratban (Amfiteatru Economic, Economics and Sociology, Energies (vendég szerkesztő), LogForum, Polish Journal of Management Studies, Sustainability (vendég szerkesztő)) lettem szerkesztőbizottsági tag. Továbbá támogatást jelentett, hogy egyre több nemzetközi folyóirattól kaptam bírálói felkérést, ami széles körű rálátást biztosított a kutatott témára. Az International Association for Energy Economics (IAEA), az International Association of Agricultural Economists (IAAE) és az European Association of Agricultural Economists (EAAE) tagjaként a kutatásom területén aktívan működő nemzetközi hálózat jött létre. 2017-ben Zöld Magyarországért Díjat kaptam a Journal of Central European Green Innovation folyóiratban megjelent publikációért. 2018-ban Nívódíjban részesültem a Gazdálkodás folyóiratban megjelent cikkünkért. Meghívott egyetemi docensi kinevezést kaptam a dél-afrikai North-West Egyetemen (2020-2021), valamint professzori kinevezésben részesültem a lengyelországi WSB Egyetemen (2020-2022).

2019-ben témavezetőként elnyertem az OTKA „Fenntartható folyékony bioüzemanyag (bioetanol, biodízel) előállítása és multifunkcionális hatása” kutatási témapályázatot (2019-2023). Kutatásunkban elemezzük az első generációs folyékony bioüzemanyagok előállításának gazdasági, társadalmi, környezeti szempontjait. A fenntartható és multifunkcionális bioüzemanyag-gyártás feltételeinek meghatározása mellett feltárjuk a folyékony bioüzemanyag-ipar aktuális és jövőbeni szerepét, továbbá vizsgáljuk, hogy képes lesz-e az ágazat a termelési és versenyképességi kritériumoknak eleget tenni.

A kutatócsoportban végzett munkán belül az egyes fejezetek saját kutatási eredményeimet is bemutatják. A vizsgálataim során számos módszertant, modellt használtam. Többek között az intézményi ökonómia és az erőtér-elmélet alkalmazásával, valamint a szakértői becslések alapján a MACTOR (Szövetségek és Ellentétek Hálózata) módszer használatával és a PRISMA (Javasolt tartalmi elemek szisztematikus szakirodalmi áttekintés és metaanalízis készítéséhez) ajánlás szerint végeztem el a különféle szempontok azonosítását. Ehhez személyes, nem

strukturált interjúkat készítettem szakértőkkel, de összehasonlító- és időszerelemzést úgyszintén végeztem számos nemzetközi szakirodalom és adatbázis feldolgozásával.

2. Kutatási kérdések

A biomassza alapú gazdaság stratégiájának kidolgozása és megalapozása globális, uniós és nemzeti szinten alapos kutatást igényel, elméleti, gyakorlati és módszertani szempontból egyaránt. A biomassza alapú gazdaság különböző kérdéseit, kihívásait és dilemmáit, valamint azok élelmezés-, energia- és környezetbiztonsági vonatkozásait tudomásom szerint kevésbé vizsgálták hazánkban. A biomassza alapú gazdaság uniós stratégiájának részletes elemzése is újdonságnak számít.

Az **értekezés célja**, hogy az alábbi kutatási kérdések megválaszolásával járuljon hozzá a téma átfogó elemzésének megalapozásához:

1. Milyen kapcsolódási pontjai vannak biomassza alapú gazdaság és körforgásos gazdaság fejlődésének?
2. Milyen gazdasági és társadalmi hatások várhatók az EU-ban a klímasemleges zöldgazdaság kiépítésével?
3. Milyen szerepet játszik a bioökonómia az élelmezés- és környezetbiztonság alakulásában globális és uniós szinten?
4. Fenntartható-e a jelenlegi élelmiszertermelési gyakorlat?
5. Milyen elvek határozzák meg a biomassza felhasználásának rangsorolását a biomassza alapú értéklánc mentén?

Az értekezés **hat fejezetből** áll. A bevezetés után a biomassza alapú és körforgásos gazdaság globális kérdéseit és kapcsolódási pontjait vizsgálom. A harmadik fejezet az EU bioökonómia stratégiáját összegzi, míg a negyedik fejezet a biomassza globális termelésének és felhasználásának alakulását elemzi, arra a kérdésre keresve a választ, hogy az élelmezés- és környezetbiztonságban milyen szerepet játszik a bioökonómia. Az ötödik fejezet a bioökonómia élelmezésbiztonsági prioritását tárgyalja az élelmiszerpazarlás, alternatív fehérjeforrások és alternatív élelmiszerek szemszögéből, míg a hatodik fejezetben a fenntarthatósági tényezőket azonosítom a környezet- és energiabiztonság tükrében. Az összefoglalás összegzi a főbb megállapításokat.

Az Magyar Tudományos Akadémia Agrárközgazdasági Tudományos Bizottságának és az Magyar Tudományos Akadémia Körforgásos Gazdaság Osztályközi Állandó Bizottságának tagjaként is hozzájárulhatok ahhoz, hogy a biomassza alapú gazdaságról részletes képet kapjanak a téma iránt érdeklődő tudományos kutatók és oktatók egyaránt.

A biomassza alapú gazdaság fejlődése a következő 30 évben meghatározza az EU globális geopolitikai és kereskedelmi szerepét, ezért indokolt figyelemmel kísérni az EU-ban a nulla nettó ÜHG (üvegházhatású gáz) kibocsátás eléréséhez szükséges reformokat. Hasonlóképpen ajánlom az értekezést az agrárpolitikai döntéshozóknak is, akik a disszertáció ajánlásainak segítségével kidolgozhatják a biomassza alapú gazdaság stratégiáját és annak programelemeit a magyar élelmiszergazdaság és erdőszet nemzetközi versenyképességének növelése érdekében.

3. A kutatási munka adatbázisai

3.1. Biomassza alapú gazdaság és körforgásos gazdaság

A bioökonómia vagy biomassza alapú gazdaság témakörében szisztematikus irodalmi áttekintést végeztem. A tudományos cikkek mellett számos, elsősorban az European Commision (2013, 2014, 2017a, 2017b) és az OECD (2018a; 2018b) által kiadott szakpolitikai és jogi dokumentumot is elemeztem. A biomassza alapú gazdaság fogalmának meghatározásánál az Európai Bizottság deffinícióját tekintem mérvadónak: **“A biomassza alapú gazdaság magába foglalja a megújuló biológiai erőforrások előállítását és ezen erőforrások, valamint hulladékáramok hozzáadott értékkel bíró termékekké – élelmiszerré, takarmánnyá, biomassza alapú termékekké és bioenergiává -való átalakítását”** (European Commision, 2017a).

Ezzel egyidejűleg figyelemre méltó még a Bugge és szerzőtársai (2016) által publikált cikk, ahol három vízió – **biotechnológia; biológiai erőforrások és biomassza alapú ökológia** – került meghatározásra a biomassza alapú gazdaság jellemzésére az általános célokra és törekvésekre, az értékteremtésre és az innováció közvetítő szerepére összpontosítva. Továbbá részletesen elemeztem a **bioökonómia három fejlődési típusát (bioökonómia I., bioökonómia II. és bioökonómia III.).**

Szisztematikus szakirodalmi áttekintést nyújtottam a körforgásos gazdaság fogalmának lehetséges meghatározásáról. Ismertettem a körforgásos és biomassza alapú gazdaság lehetséges kapcsolódási pontjait a körforgásos biomassza alapú gazdasághoz.

Az **intézményi ökonómia és az erőter-elmélet alkalmazásával, valamint a szakértői becslések alapján Szövetségek és Ellentétek Hálózata (Matrix of Alliances and Conflicts: Tactics, Objectives and Recommendations: MACTOR) módszerrel a vizsgált EU-tagállamokban meghatároztam az érintett piaci szereplők befolyásának kapcsolatait a rövid ellátási láncok tükrében.** A rövid ellátási láncok szerepéről, céljairól szóló vizsgálatom első lépése a személyes, nem strukturált szakértői interjúk készítése volt. A válaszadók földrajzi megoszlása szempontjából az interjúalanyok között az EU alapító tagállamok (Franciaország, Olaszország), az EU-hoz később csatlakozott régi tagállamok (Portugália, Ausztria) és az új tagállamok (Magyarország, Románia, Szlovénia, Horvátország, Észtország és Szlovákia) szakértői voltak. A válaszadók által képviselt tagországok jól tükrözik az EU gazdasági fejlődésének sokszínűségét, ugyanakkor nem képviselik az EU egészét, mert az elemzés a déli és közép-kelet-európai tagországokra összpontosított, ahol a regionális termékek jelentős hányadát állítják elő (Popp és szerzőtársai, 2018a). A felsőoktatás és a kutatás képviselőinek magas részvételi aránya kedvező lehetőséget adott, hogy széles körű rálátással és perspektívával rendelkező szakértőktől nyerjek információt a vizsgált területen.

3.2. Az EU bioökonómiai stratégiája

Hazai és nemzetközi szakirodalmak segítségével feltártam a fenntarthatóság és körforgás kapcsolatrendszerét, a versenyképes és a klímasemleges zöldgazdaság, valamint a biomassza alapú gazdaság szerepét. A klímasemlegesség hosszú távú stratégiai vízióját „Tiszta bolygót mindenkinek” címmel tette közé 2018 novemberében az Európai Bizottság, amely 2050-ig a világon elsőként klímasemleges gazdaságot kíván kiépíteni az EU-ban (European Commision, 2018). A stratégia részletes elemzése megvalósult.

3.3. A biomassza globális termelésének és felhasználásának alakulása

Ismerttettem a biomassza szerepét a bioalapú termékek előállításában a releváns nemzetközi szakirodalom és globális modellek alapján. A következő kifejezések kombinációit használtam a 2010-2019 közötti időszakra vonatkozó tudományos közlemények kutatására: bioökonómia, biomassza-ellátás és -felhasználás, bioenergia, bioüzemanyag, biokémiai anyagok, biotechnológia és az éghajlatváltozás mérséklése.

A biomassza alapú gazdaság stratégiáiról szóló szakirodalom már jelentős; ugyanakkor az élelmiszertermelés mellett a növekvő biomassza-ellátás egyéb bioalapú termékek termelésére gyakorolt hatása és szerepe sokkal kevesebb figyelmet kapott. A biomassza különböző célú felhasználásának rangsorolásáról kevés publikáció áll rendelkezésre. A World Bioenergy Association (WBA) – Bienergia Világszövetség, a Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) – A 21. század Megújuló Energiapolitikai Hálózata, – és az International Energy Agency (IEA) – Nemzetközi Energia Ügynökség – megújuló energiára (különösen a bioenergiára) vonatkozó globális adatbázisait elemeztem. Az EU-ban a biomassza termelésének és felhasználásának, valamint a biomassza-alapú energiaellátási mérlegmutatók legátfogóbb forrása az Eurostat adatbázisa. A European Chemical Industry Council (CEFIC) – Európai Vegyipari Tanács – pedig megbízható adatokat szolgáltat az európai vegyiparkilátásairól (Popp és szerzőtársai, 2021).

A hozamstabilitási mutatót (Yield Stability Index: YSI) azért dolgozták ki Vízvári és Bacsai (2002), hogy egy **hozamsorozat** (a biomasszából, gabonafélékből, vagy más mezőgazdasági termékből származó hozamok egyszerű idősorai) **stabilitásának a szintjét mérjék**. Ezzel a módszerrel először egyszerű lineáris trendet illesztünk az adott ország korábban normalizált adataira (az idősort elosztjuk annak átlagával). Ezután a különbséget (maradéknak is nevezünk) a tényleges hozam és a trendvonal (várható hozam) különbségeként képezzük. A maradékot az összes vizsgált ország esetében normális eloszlású hisztogrammal közelítjük. Ez azt jelenti, hogy a nulla körüli különbségek a leggyakoribbak, a nullánál magasabb különbségek egyre kisebb gyakorisággal fordulnak elő a normális eloszlásnak megfelelően. Adott ország YSI-je egy adott hozamsorozatra FD (favourable difference) – UD (unfavourable difference) képlettel számítható ki, ahol az FD a „kedvező”, az UD pedig az ország hozamsorozatának a normál eloszláshoz viszonyított „kedvezőtlen” eltéréseinek összege. Az FD kiszámításához a maradék és a normális eloszlásnak csak a középső 4 szegmensét kell figyelembe venni (vagyis csak a 0-hoz egészen közeli különbségeket), míg az UD esetén a szélső szegmenseket kell használni. A pozitív értékek stabilabb trendvonalakat jeleznek az átlag körül, míg a negatív értékek nagyobb ingadozásokat mutatnak a trendvonal körül. Az Eurostat adatbázisát és az YSI indexet használtam az uniós tagállamok teljesítményének elemzésére a fő mutatók (bruttó belföldi energiafogyasztás, a hő- és áramtermelés fogyasztás és a végső energiafogyasztás) tekintetében a 2002 és 2016 közötti időszakban. E módszertan előnye, hogy képes meghatározni a trend körüli ingadozás mértékét. Az YSI indexeket és a regressziós egyenesek meredekségének kiszámítását az R statisztikai szoftver (verziószám 4.0.0 (Arbor Day) segítségével végeztem el (R Core Team, 2019).

Meghatároztam a fő inputellátó, termelő és fogyasztó, valamint a legjobban és a legrosszabban teljesítő uniós tagállamokat a bioenergia szektorban. A bioenergia három fő mérlegmutatójának, nevezetesen a bruttó belföldi fogyasztás (Gross Inland Consumption: GIC), hő- és villamosenergia-termelés (Transformation Input: TI), valamint a végső energiafogyasztás (Final Energy Consumption: FEC) tendenciáit és ingadozásait elemeztem tagállami szinten 2002 és 2016 között a hozamstabilitási index (Yield Stability Index: YSI) és a legkisebb négyzetek (Ordinary Least Squares: OLS) módszerével becsült regressziós egyenesek meredeksége segítségével.

3.4. Bioökonómia: élelmezés-biztonsági prioritás

A gabona ellátási láncban a veszteség, a hulladék okait és annak megelőzését a releváns szakirodalom áttekintésével, valamint a tanulmányok és a globális modellek eredményeinek összesítésével mutattam be. A termeléssel és a pazarlással kapcsolatos élelmezésbiztonsági szempontokat sem vették figyelembe a korábbi vizsgálatok. A veszteségek kiszámításához felhasznált adatok szakirodalmi becsléseken alapulnak. A különböző források összehasonlítható számokat publikáltak, de ezeknél a kalkulációknál alacsonyabb értéket használtam a nagyobb megbízhatóság érdekében. Az élelmezésbiztonsággal kapcsolatos szakirodalmak száma jelentős, de a gabona ellátási lánc mentén keletkező veszteségekről és hulladékokról nem készült részletes elemzés. Ezenkívül kevés publikáció tért ki a betakarítás előtti és betakarítás utáni gabonaveszteség okaira. A gabona termeléséről, felhasználásáról, kereskedelméről és árak alakulásáról főleg a Food and Agriculture Organization (FAO) – ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete –, az Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) – Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet –, az International Grains Council (IGC) – Nemzetközi Gabonatanács, az European Union (EU) – Európai Unió –, de számos más intézmény is publikál adatsorokat. Egyéb nemzetközi források pedig becsült adatokat szolgáltatnak a gabonabetakarítás előtt és után keletkező veszteségről. Ezeket az adatokat és információkat azonban nem összesítették, továbbá nem készült részletes kalkuláció a globális gabonatermelés és -pazarlás mértékéről sem.

3.5. Bioökonómia: fenntarthatósági prioritás

Az abszorpciós kapacitásnak a CO₂-kibocsátására gyakorolt szerepét vizsgáltam az USA és Kína példája alapján (Mariyakhan és szerzőtársai, 2020). Ez a kutatás a **nemlineáris autoregresszív osztott késleltetési modellt alkalmazza a rövid- és hosszú távú dinamika, valamint a technológia transzfer abszorpciós képessége és a CO₂-kibocsátás intenzitása közötti aszimmetrikus kapcsolat összehasonlításához az 1970-2018 közötti időszakban** (Mariyakhan és szerzőtársai, 2020).

A bioetanol- és biodízelgyártás termelésének, nyersanyagigényének és élelmiszerpiaci hatásainak feldolgozása során az elemzéshez szorosan kapcsolódó nemzetközi és hazai szakirodalmakat vettem figyelembe. Először a **biomassza-alapanyagok három generációjának csoportosítását, majd a folyékony bioüzemanyagok globális termelésének alakulását szemléltettem**. A bioetanol- és biodízelgyártás gabona- és növényolajpiacra gyakorolt hatása mellett vizsgáltam az USA és az EU élelmiszer- és takarmánynövényekből előállítható bioüzemanyag termelésének korlátozására vonatkozó szabályozását, ezzel összefüggésben pedig a bioüzemanyagipar globális szántó- és ültetvényterület igényét. **Összehasonlító- és idősorlemeléssel vizsgáltam az üzemanyag célú bioetanol és a biodízel termelésének alakulását, elsősorban az OECD-FAO és a Renewable Fuels Association (RFA) adatbázisa alapján**. Továbbá **felhasználtam a bioüzemanyag előállítás témaköréhez tartozó releváns nemzetközi és hazai szakirodalmakat**.

4. Az új tudományos eredmények rövid összefoglalója

A kutatási kérdéseknek megfelelően az értekezésemben az alábbi új eredmények lényegét foglaltam össze.

4.1. Biomassza alapú gazdaság és körforgásos gazdaság

4.1.1. A bioökonómia vagy biomassza alapú gazdaság kihívásai

Mivel a bioökonómiának nincs egyértelmű, általánosan elfogadott definíciója, nincs nyilvánvaló különbség a „bioökonómia” és a „biomassza alapú gazdaság” kifejezések között sem, de a nemzetközi szakirodalom többnyire az első kifejezést használja.

A **biomassza alapú gazdaság** a mezőgazdasági, ipari termelés során keletkező biomassza hulladékból és melléktermékből magasabb hozzáadott értéket képviselő terméket állít elő, ezáltal képes kezelni az élelmezésbiztonságot, a természeti erőforrások megőrzését, a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség csökkentését, valamint az éghajlatváltozást és a fenntartható gazdasági növekedést. A **biomassza alapú gazdaság tehát megújítható biológiai erőforrások termesztése, valamint ezeknek és hulladékaiknak hozzáadott értékkel bíró termékekké, így élelmiszerré, takarmánnyá, bioenergiává és egyéb biológiai alapú terméké történő átalakítását jelenti, vagyis a gazdálkodás egészére összpontosít és a fenntarthatóság/újrahasznosítás szempontjait tartja szem előtt.** A biológiai erőforrások és az ökoszisztémák végesek, tehát innovációra van szükség a lakosság élelemmel, tiszta vízzel, tiszta energiával és egyéb bioalapú alapanyagokkal történő ellátása érdekében.

Ezzel egyidejűleg figyelemre méltó még a Bugge és szerzőtársai (2016) által publikált cikk, ebben három vízió – **biotechnológia; biológiai erőforrások és biomassza alapú ökológia** – került meghatározásra a biomassza alapú gazdaság jellemzésére az általános célokra és törekvésekre, az értékteremtésre, valamint az innováció közvetítő szerepére összpontosítva. Összefoglalva elmondható, hogy a biológiai erőforrás vízióban az értékteremtést előmozdító innovációs hajtóerő a biotechnológiai víziónál kevésbé tekinthető lineáris szemléletűnek, mivel itt a szektorok közötti együttműködés és a vásárlókkal való interakció fontosabb szerepet játszik.

A bioökonómia három fejlődési típusát (bioökonómia I, bioökonómia II és bioökonómia III) különböztetjük meg. A **bioökonómia I. típusa** egy óvatos, körültekintő gazdaságnak tekinthető, amely magában foglalja az erőforrások megosztását a nemzedékek között és a saját generáción belül egyaránt (1. táblázat). A **bioökonómia II. típusa** a 1970-es években tapasztalt gyógyszer- és vegyipari innováció lassulásának köszönhető. A valóságban „**ígéretgazdaságnak**” is nevezhetjük: a termelési és ökológiai problémák megoldásának ígérete a géntechnológia segítségével elért technológiai áttöréseknek köszönhetően (Felt, 2007). Az Európai Bizottság által támogatott **bioökonómia III. típusa** egy biofinomításon alapuló megújuló karbonmentesítési gazdaság, amely valamennyi biológiai eredetű erőforrás feldolgozását foglalja magában. Mivel ugyanazt a végterméket különféle alapanyag és technológia segítségével lehet előállítani, a bioökonómia III. típusa versenyt gerjeszt a felhasznált alapanyagok, a feldolgozási technológia és előállított termékek között. Továbbá a bioökonómia II. típusától eltérően az új alapanyagok felhasználása a különböző tudás egyesítését igényli, ahol biotechnológiai tudásra van szükség. Következésképpen a bioökonómia III. típusát a **tudás gazdaságának** is nevezhetjük. Ez a technológiai-gazdasági ismeretek iránt elkötelezett kísérleti és bemutató üzemek fejlesztésében nyilvánul meg (Hellsmark és szerzőtársai, 2016; Fevolden és szerzőtársai, 2017).

1. táblázat: A bioökonómia típusai

	Bioökonómia I.	Bioökonómia II.	Bioökonómia III.
Hivatkozások	Georgescu-Roegen (1975a, b, 1978)	OECD (2009) OECD (2017a, b, c)	Langeveld et al. (2010) European Commission (2012; 2018)
Meghatározása	A bioszférával kompatibilis ökológiai gazdaság.	Az ipar által vezérelt tudásalapú gazdaság.	Biomassza alapú gazdaság.
Természet/ gazdasági kapcsolat	A bioszféra küzdelme az entrópia és a koevolúció ellen. Gazdasági fejlődés a biológiai evolúcióval párhuzamosan.	A sejt egy gyár. A technológia képes kijavítani "Isten hibáit".	A biomassza helyettesíti a fosszilis tüzelőanyagokat és a bányászatot, hogy energiát és bioanyagokat termeljen.
Tudomány, technológia és társadalom	Megatrendek "promethean technológiával". A Prometheus III technológia megjelenésétől függően körültekintő és megosztásos gazdaság.	Az ötödik Kondratyjev-ciklus kilátásai a biotechnológia szerepének növekedésével. A „technológiai tudományos ígérek gazdasága”.	Biofinomítás az ökológiai átmenet középpontjában (többszintű perspektíva). A tanulás gazdasága.
Fenntarthatóság	Erős fenntarthatósági és nulla növekedési kilátás.	Nagyon gyenge fenntarthatósági megközelítés.	Gyenge fenntarthatósági megközelítés.
Kormányzás/ vezetés	Demokratikus megfontolás és ökológiai tervezés.	A tudás áruba bocsátása. A szellemi tulajdonjogok védelme.	Küldetésorientált politika – backcasting jövőkutató módszer a bioökonómia kívánatos jövőjének meghatározására termékazonosítással és a gazdasági szereplők koordinálásával.
Feszültségek és ellentmondások	Ellentétes szakértelem konkrét műszaki megoldások helyett. A döntéshozó központok marginális társadalmi csoportjainak kritikája. A nulla növekedés nem szerepel a döntéshozók napirendjén.	Konfliktusok és verseny a szabadalmaztatásban, de a tudáshalmozás továbbra is probléma. Hogyan lehet a biotechnológiai folyamatokat integrálni multitechnológiai termékekben? Hogyan lehet az áttörést a legjobb megoldásként fenntartani az alkalmazások minden területén? Társadalmi ellenállás a GMO-val szemben.	Termékek vagy funkciók helyettesítése új termékekkel (vegyi anyagok és alapanyagok). Természeti erőforrásokra és termőföldre nehezedő nyomás.

Forrás: Vivien és szerzőtársai (2019)

4.1.2. Körforgásos gazdaság

A körforgásos és biomassza alapú gazdaság fogalma alapvetően különböző, de mégis kiegészítik egymást: mindkettő célja az erőforrás- és ökológiai hatékonyság javítása, a fosszilis tüzelőanyagok iránti kereslet csökkentése, az ÜHG-kibocsátás mérséklése, valamint a hulladék- és melléktermékáram növelése. A **biomassza alapú gazdaság a körforgásos gazdaság biológiai motorja**, nem csak annak szerves része. A biomassza alapú gazdaság és a körforgásos gazdaság kereszts metszete a körforgásos biomassza alapú gazdaság. A **körforgásos biomassza alapú gazdaság** magába foglalja: a **biomassza alapú termékeket, a megosztásos gazdaságot, az újrahasználatot, az újragyártást, az újrahasznosítást, a kaszkádhasznosítást, a szerves hulladékáram hasznosítását, az erőforráshatékony értékláncokat és a tápanyag körforgás biztosítását.**

A **körforgásos gazdaság két fő területre koncentrál.** Az egyik a **biológiai ciklusok vagy körfolyamatok fenntartása**, ahol az anyagáramok mozgásban tartása az elsődleges preferencia. Az anyagforgalom során nem vagy alig keletkezik hulladék, mert minden fázisban (ún. kaszkádokon keresztül) értéket rendel hozzá a rendszer. A szerves anyagok teljes volumenű visszaforgatása az elsőrendű erőforrásokhoz (talaj, víz, tápanyag) a körforgásos gazdaság alapvető célja. Így folyamatosan újra elláthatja erőforrásokkal például az élelmiszertermelést vagy az alapanyaggyártást. **A másik terület, a technológiai rendszerek körforgása** is hasonló ciklusok alapján történik. Különböző megoldásokon keresztül próbálja elkerülni a hulladékok keletkezését: az életciklusok meghosszabbításával (javítás, újra gyártás, felújítás) növeli a körforgás fokát, így a termékek vagy komponenseik felhasználási életciklusát is.

4.1.3. Rövid élelmiszerellátási lánc szerepe

A rövid élelmiszerellátási lánc (RÉL), angol nyelven Short Food Supply Chain (SFSC) koncepciója a körforgásos gazdaság filozófiájának speciális megvalósítása az élelmiszergazdaságban (Genovese és szerzőtársai, 2017). A szereplők és a célok közötti hasonlóság elemzése alapján kijelenthető, hogy az új tagországokban fontos szempont a fenntarthatóság és a vidékfejlesztés, valamint a mezőgazdasági termelők, az önkormányzatok és az EU közötti szoros kapcsolat. A kevésbé fejlett tagországokban az alacsony ár a termékek egyik legfontosabb jellemzője. A RÉL piaci alkueje jelentős különbséget mutat az EU régi és új tagállamaiban. A régi tagállamokban a mezőgazdasági termelők komoly befolyást gyakorolnak a politikai szereplőkre. Ehhez képest a multinacionális vállalatok viszonylag alacsonyabb befolyással és nagyobb függőséggel rendelkeznek. A nemzeti kormányok és önkormányzatok hatalma erős. Ezzel ellentétben az új tagállamokban a helyi szereplők, különösen a helyi élelmiszerfeldolgozók és a helyi élelmiszerkereskedők általában csekély mértékű befolyással és nagy függőséggel bírnak. Az EU befolyása sokkal nagyobb az új tagállamokra, mint a régi tagállamokra. Bebizonyosodott, hogy az **EU új tagországaiban a globális ellátási láncok jelentős költséghatékony előnyei és a multinacionális kereskedelmi vállalatok befolyása együttesen fontosabb tényezőnek számít, mint a fenntartható fejlődés.** Az EU új tagállamaiban a lakosság viszonylag alacsony hajlandóságot mutat a helyi termékek vásárlására, ami tovább csökkenti a rövid ellátási láncok fejlesztésének lehetőségeit (Popp és szerzőtársai, 2018b).

További segítséget jelent a RÉL számára az élelmiszerbiztonsági rendszerek korszerűsítésének támogatása, mivel ez tekinthető a különféle piaci szereplők közös nevezőjének. A helyi élelmiszertermelőknek gyakran nincs pénzügyi forrása a nemzetközileg elismert élelmiszerbiztonsági tanúsítási rendszerek létrehozására, pedig elsősorban ezzel a feltétellel nyílik lehetőség arra, hogy a helyi termelők multinacionális kereskedelmi vállalkozások beszállítói legyenek. Az élelmiszerbiztonsági tanúsítási rendszerek kiépítéséhez elengedhetetlen a tagállami ösztönzés, oktatás és képzés, valamint az infokommunikációs

technológiák legújabb módszereinek széles körű alkalmazása. Az internetes kereskedelem elterjedése új perspektívákat nyit meg a REL gazdasági szereplői számára (Popp és szerzőtársai, 2018b).

4.2. Az EU bioökonómiai stratégiája

4.2.1. Fenntarthatóság és körforgás

Az EU is bevezette a körforgásos gazdaságról szóló intézkedéscsomagot, amely a hulladékgazdálkodással kapcsolatban átgondolt jogalkotási javaslatokat tartalmaz, ezzel felgyorsítva a körforgásos gazdálkodásra való átállást a globális versenyképesség javítása érdekében. Mindez elősegíti a fenntartható gazdasági növekedést és új munkahelyeket teremt (Circular Economy Strategy, 2015). A **körforgásos biomassza alapú gazdaság fogalmának három alkotóeleme: megújuló nyersanyagforrás, termék és fogyasztás**. Ez a folyamat nem csak a biomassza alapú gazdaságra, hanem tágabb értelemben a tradicionális gazdaságra is vonatkozik. A **biomassza alapú gazdaság és a körforgásos gazdaság egymást kiegészítve erősítik a fenntartható fejlődést** (Patermann, 2016).

A **fenntartható biomassza alapú gazdaság** az alábbi változásokkal kínál megoldást a fenti problémákra (Bell és szerzőtársai, 2018):

- A természeti erőforrások megőrzése, a körforgásos gazdaság létrehozása és a biohulladék nyersanyagként való felhasználása a fenntartható biomassza termelés segítségével.
- Az élelmiszer, a mezőgazdaság, valamint az édesvízi és tengeri halászat rendszerszintű megközelítése az élelmiszerpazarlás csökkentése és az egészséges, fenntartható étrendek kialakítása érdekében.
- Az élelmiszerpazarlás és a szűkülő természeti erőforrások tudatosítása a fogyasztók gondolkodásában a fenntarthatóbb fogyasztói minták kialakításával.
- A fenntartható, kisebb ökológiai lábnyommal rendelkező termékek vásárlásának ösztönzése.
- A CO₂-kibocsátás és fosszilis üzemanyagfelhasználás csökkentése a nyersanyag/építőipar/vegyipar szektoraiban (az ÜHG-kibocsátás 40%-ért felelős) a biomassza nyersanyagként való felhasználásával.
- Új munkahelyek és magasabb életszínvonal megteremtése a vidéki és tengerparti régiókban, új értékláncolatok létrehozása a biomassza alapú nyersanyagok innovatív módon történő hasznosítására.
- Versenyképes, körforgásos és fenntartható gazdaság kiépítése a fosszilis eredetű szénfelhasználás függőségének fokozatos megszüntetésével.

4.2.2. Versenyképes és klímasemleges zöldgazdaság

Az EU a globális ÜHG-kibocsátás 10%-ért felelős, de célja a nulla nettó ÜHG-kibocsátás elérése 2050-ig. A hőmérséklet-emelkedés 1,5°C-ra történő korlátozása érdekében 2050-ig világszinten nulla nettó CO₂-kibocsátást kell elérni, később valamennyi más ÜHG tekintetében is. Az ÜHG-kibocsátás több mint 75%-ért felel az energia, ezért központi szerepet játszik a nulla nettó ÜHG-kibocsátású gazdaságra való átálláshoz.

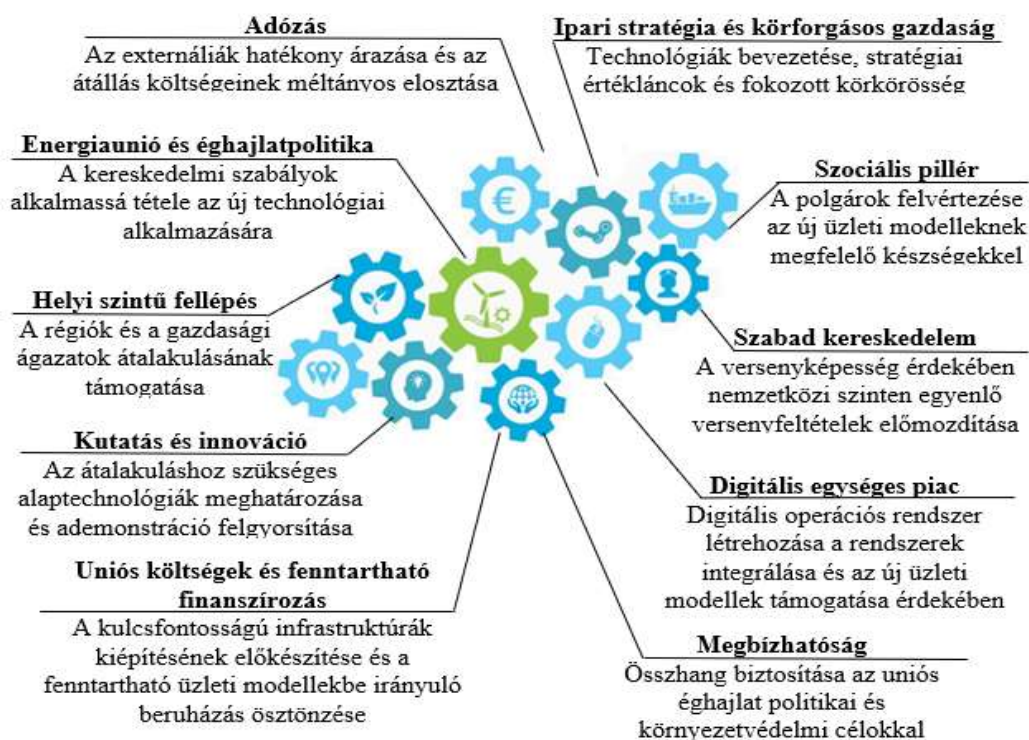
4.2.3. A biomassza alapú gazdaság szerepe

2050-re a jelenlegi helyzethez képest 25%-kal fog növekedni a népesség létszáma, miközben az éghajlatváltozás jelentős hatással van a globális földhasználatra és az ökoszisztémákra. Az EU-ban a mezőgazdaságnak és az erdészetnek elegendő élelmiszert, takarmányt és rostanyagot kell előállítani az energia-, építőipari- és egyéb ipari ágazat számára. A fenntartható biomassza fontos szerepet játszik a nulla nettó ÜHG-kibocsátású gazdaság megteremtésében.

4.2.4. Gazdasági és társadalmi hatások

A mezőgazdasági termelők egyre inkább erőforrások és alapvető nyersanyagok szolgáltatói lesznek. A körforgásos biomassza alapú gazdaság pedig új üzleti lehetőségeket kínál. A fás biomassza iránt mutatkozó új kereslet a mezőgazdasági vállalkozások további diverzifikációját eredményezheti. **A biomassza alapú gazdaság növekedését azonban korlátozza a rendelkezésre álló földterület nagysága.** A szűkös földterületet és egyéb természeti erőforrásokat indokolt a legjobban hasznosítani a biomassza hatékony és fenntartható felhasználásával. Továbbra is szükség van a CO₂-leválasztásra és -tárolásra, különösen az energiaigényes iparágakban és az átmeneti időszakban a CO₂-mentes hidrogén előállításához. **A CO₂-leválasztás és -tárolás még nincs kereskedelmi szakaszban, megvalósulásához sokkal több kutatásra, innovációra van szükség,** ráadásul új infrastruktúrát, többek között szállítási és tárolási hálózatot is igényel (European Commission, 2018).

A lehetőségek megvalósítása számos tényezőtől függ, például attól, hogy milyen gyorsan valósul meg a kezdeti bevezetés vagy az új technológiák társadalmi elfogadottsága. Továbbá célszerű megfelelő szakpolitikával és szabályozással elősegíteni e változás ösztönzését. Az energiaunió létrehozására irányuló munkára építve indokolt figyelembe venni a meghatározó tendenciákat, így az éghajlatváltozást, a környezetet, a digitalizációt, a lakosság elöregedését és az erőforrás-hatékonyságot (1. ábra).



1. ábra: Keretprogram a biomassza alapú gazdaságra való áttéréshez

Forrás: European Commission (2018)

4.3. A biomassza globális termelésének és felhasználásának alakulása

A biomassza globális kínálatának és -keresletének átfogó elemzése kiemelten kezeli a bioenergia-előállítás alakulását. Meghatároztam a biomassza nem élelmiszer célú felhasználási prioritásait is, amihez nélkülözhetetlen a biomassza alapú értéklánc tanulmányozása. Mivel a biomassza alapú gazdaságban a biológiai eredetű erőforrások korlátozott mértékben állnak rendelkezésre, az élelmiszer és takarmány termelése elsőbbséget élvez a biomassza minden más célú felhasználása mellett. Ugyanakkor a biomassza nem élelmiszer célú felhasználásában célszerű meghatározni a másodlagos prioritások tényezőit és sorrendjét a bioalapú vegyipari és egyéb alapanyagok, valamint a bioenergia előállításának vonatkozásában. Az EU vegyiparának kilátásai alapján egyértelmű a bioalapú vegyipari alapanyagok gyártásának előtérbe helyezése, egyébként az EU elveszítheti meghatározó szerepét a globális vegyiparban.

A biomassza alapú uniós energiamérleg változásainak vizsgálatával zárul az elemzés, ahol kiemeltem a fő inputellátó, termelő és fogyasztó tagállamokat a bioenergia szektorban. Továbbá a bioenergia három fő mérlegmutatójának, nevezetesen a bruttó belföldi fogyasztásnak (Gross Inland Consumption: GIC), a hő- és villamosenergia-termelés fogyasztásának (Transformation Input: TI) és a végső energiafogyasztásnak (Final Energy Consumption: FEC) a tendenciáit és ingadozásait vizsgáltam tagállami szinten, 2002 és 2016 között a hozamstabilitási index (Yield Stability Index: YSI) és a legkisebb négyzetek (Ordinary Least Squares: OLS) módszerével becsült regressziós egyenesek meredeksége segítségével. A hozamstabilitási mutató alapján a GIC és FEC, valamint TI növekedési üteme fenntarthatónak bizonyult, a gyártástechnológia pedig jól illeszkedett a vizsgált tagország változó körülményeihez, az alkalmazott technológia pedig a legtöbb tagállamban alacsonyabb ingadozásokkal volt képes fenntartani a hozamtrendeket. A legnagyobb növekedés és a legalacsonyabb technológiai kockázat a TI esetében figyelhető meg.

Világszerte a biomassza 55%-át takarmányozásra és élelmiszertermelésre, 27%-át bioenergia és 8%-át a bioalapú termékek előállítására használják, az egyéb felhasználás és veszteség pedig 10%-ot tesz ki. Az EU-ban a biomassza 59%-át takarmányok és élelmiszer, 17%-át bioenergia, 4%-át bioüzemanyagok előállítására használják fel, 20%-át pedig bioalapú anyagok (pl. a fatermék és cellulóz) gyártására. A fosszilis eredetű tüzelőanyagok anyagfelhasználása helyettesíthető biomasszával, de az egyéb megújuló energiaforrásokkal nem, legalábbis rövid távon. A bioenergia és a bioalapú anyagok piaca már bővül, a bioalapú alapanyagok és termékek azonban még nem versenyképesek a fosszilis eredetű anyagokkal összehasonlítva. Az EU a biomasszából nettó importőr, elsősorban a növényi alapú élelmiszerekből, de ez a teljes biomassza felhasználás csupán 3%-át teszi ki. Az EU tehát **majdnem önellátó a biomassza termelés és -felhasználás terén, de nagymértékben függ a fosszilis tüzelőanyagtól, ezért ösztönzik a megújuló energia és a bioalapú vegyipari anyagok előállítását.** Nem beszélve arról, hogy 2050-re a nettó nulla ÜHG-kibocsátás elérése a cél.

Az EU részesedése a globális primer energiatermelésben csupán 5% és a bruttó végső energiafogyasztásban 13%, ami a fosszilis tüzelőanyagoktól való nagy importfüggőségét (50% feletti) jelzi. Az EU biomassza állománya a globális biomassza állomány 9%-át teszi ki. A biomassza részesedése a globális primer energiatermelésben 10%, míg a globális energiafogyasztásban 13%, ezzel szemben az EU-ban a primer energiatermelés 18%-a és a végső energiafogyasztás 10%-a biomassza alapú. Ennek oka az, hogy az EU-ban a villamos- és hőerőművek biomassza fogyasztása viszonylag magas, de komoly veszteségek mellett. Az erdőgazdálkodásból, a mezőgazdaságból és a hulladékokból származó energia célú biomassza becsült potenciálja jóval meghaladja a biomassza primer energiatermelésben betöltött szerepét az EU-ban. A vegyipar pozitív külkereskedelmi mérleggel rendelkezik a fokozódó globális verseny ellenére. A bioalapú vegyipari anyagok tehát alternatívát kínálnak a fosszilis alapuló

vegyipari nyersanyagokkal szemben, ehhez viszont bőséges bioalapú alapanyagokra (cukor, keményítő, növényolaj és etanol) van szükség.

4.4. Bioökonómia: élelmezés-biztonsági prioritás

4.4.1. Túltápláltság, alultápláltság

A világnépesség 33%-a túlsúlyos, ebből 30% elhízott, az EU-ban a felnőttek 17%-a elhízott, Magyarországon pedig 28,5%-a (Eurostat, 2016; von Braun és szerzőtársai, 2017). Mindez jelentős többletterhet jelent a társadalombiztosítási rendszer számára (Rurik és szerzőtársai, 2015). Az elhízást a WHO „globális járváynak” nevezi, ráadásul a 2,3 milliárd túlsúlyos népességgel szemben 0,8 milliárd fő éhez a világon (Hengeveld és szerzőtársai, 2018). A COVID-19 világiárvány tovább növeli az éhező népesség létszámát. Ez is bizonyítja, hogy **globális szinten az éhezés és az elhízás, valamint az alul- és túltápláltság egymással párhuzamosan fordul elő**. Továbbá komoly probléma még, hogy 2 milliárd ember „**rejtett éhségben**”, azaz nem kalóriahiányban, hanem **mikrotápanyag-hiányban (vitamin, ásványi anyag és nyomelem) szenved**, sőt, a túlsúlyos emberek egyharmada is ebbe a kategóriába tartozik. Ez azt jelenti, hogy a **túltápláltság (kalóriában) alultápláltsággal (mikrotápanyagban) is párosul** (Oláh, 2019). A jövő nagy kihívása lesz, hogy a Föld növekvő népességének élelmiszerellátása (kalóriában, azaz energiában kifejezve) mellett a táplálék megfelelő minőségéről (mikrotápanyag kifejezve) is gondoskodjunk (World Health Organisation, 2018).

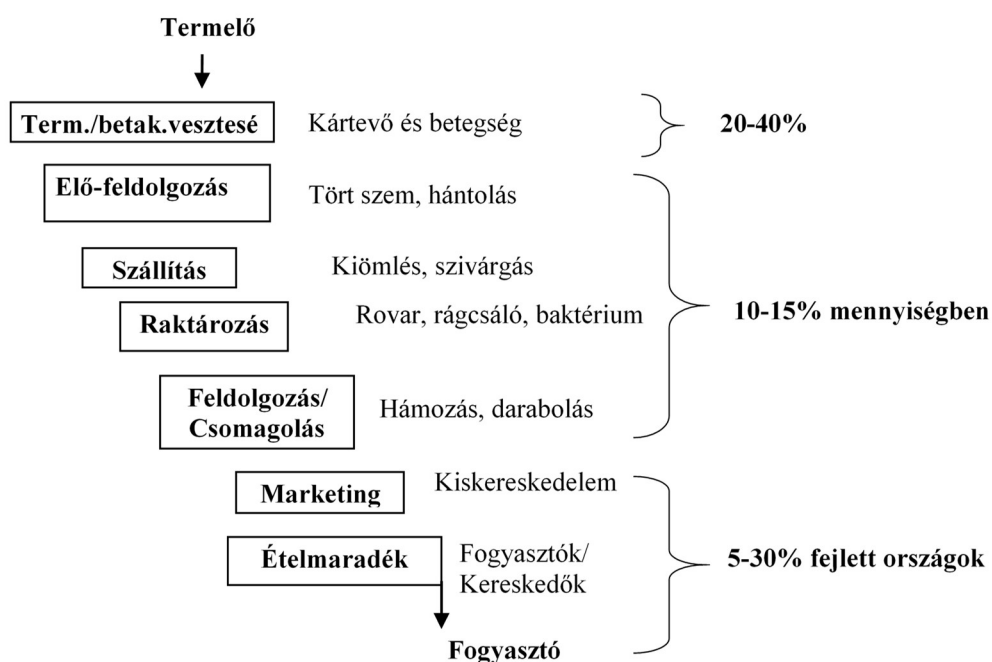
Magyarországon 2014-ben jelent meg a közétkeztetésre vonatkozó táplálkozás-egészségügyi előírás és az iskolai közétkeztetési sztenderdek bevezetése szerepet játszik a fiatal generáció táplálkozási szokásainak megváltoztatásában. Az EU tagállamaiban általában szabályozott az iskolai közétkeztetés, így hazánkban is születtek intézkedések az iskolai közétkeztetés minőségének javítása érdekében. Kutatásom eredményei rámutatnak az új szabályozás bevezetését megelőző előkészületek hiányára és a nem megfelelő kommunikációra a különböző érdekelt felek között. Kimutatható, hogy az egészséges gyermekétkeztetés érdekében komplex táplálkozási oktatóprogramra és folyamatos párbeszédre van szükség a tanárok, a szülők, valamint az iskolai közétkeztetésben dolgozó szakemberek és a kormány között. Hozzá kell tenni, hogy a gyermekek a magyar iskolai közétkeztetés kulcsszereplői, de csekély befolyásuk van a rendszer működésére. Magyarországon még nem készült országos felmérés és elemzés a gyermekek közétkeztetéssel kapcsolatos preferenciarendszeréről (Kiss és szerzőtársai, 2019).

A személyi edzők meghatározó szerepet játszanak a táplálkozási tanácsadásban, vagyis a táplálkozási szokások megváltoztatásában. Magyarországon mintegy ezer személyi edzőt tartanak nyilván és egyre többen kínálnak ügyfelek számára táplálkozási tanácsadást. A személyi edzők táplálkozási tanácsadási gyakorlatáról fókuszcsoporthozos interjú és kérdőíves adatfelvétel készült kvalitatív és kvantitatív kutatási módszerek alkalmazásával. Az eredményből kiderül, hogy elméletben az edzők és a dietetikusok elismerik az együttműködés fontos szerepét az edzés hatékonyságának optimalizálásában, a tanácsadói munkában azonban bizonyos „szakmai féltékenység” tapasztalható a szakmai háttér különbségének köszönhetően, így nehéz megtalálni az együttműködés közös platformját. A szabályozás hiánya mellett az edzők szakmai, de különösen táplálkozási kompetenciái magas heterogenitást mutatnak, ráadásul az edzők többségének nincs objektív képe táplálkozási ismeretekről (pl. táplálkozási tanácsadás krónikus betegségben szenvedő ügyfelek számára). Elengedhetetlen az edzők szakmai szintjének javítása, folyamatos továbbfejlesztése hatékony ösztönzőrendszer kidolgozásával. Az OKOSTÁNYÉR® az egyetlen hivatalos hazai táplálkozási ajánlás az egészséges felnőtt lakosság számára (Kiss és szerzőtársai, 2020).

4.4.2. Élelmiszerpazarlás, különös tekintettel a gabona ellátási láncra

Az élelmiszerláncban a pazarlás mérséklésével változatlan feltételek mellett egyrészt növelhető az élelmiszer kínálata, másrészt csökkenthető a fajlagos víz-, energia-, termőföld- és egyéb inputigény. Az élelmiszerlánc vesztesége a termelési és betakarítási szakaszban 35%-ot tesz ki (20-40% között mozog világszerte) a növényvédelem ellenére (Oerke, 2006). A szállítási, raktározási, feldolgozási és csomagolási fázisok összes vesztesége/hulladéka mennyiségben 10-15%, értékben 25-50% között alakul. A kiskereskedelmi, éttermi és fogyasztói veszteség és hulladék 5-30%-ra rúg (2. ábra). A gabonapazarlás csökkentése a biotikus tényezők (kártevők, kórokozók és gyomnövények) miatt az élelmiszerellátás legnagyobb kihívása (Popp és szerzőtársai, 2013). A pazarlás csökkentése magasabb bevételt eredményez, mint a genetikai hozamképesség növekedése (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).

Az Európai Bizottság 2011. évi célkitűzése szerint az élelmiszer-pazarlást 2020-ra felére kellett volna csökkenteni (nem teljesült). 2012-ben jelent meg az Európai Parlament állásfoglalása az élelmiszer-pazarlás 2025-ig történő 50%-os csökkentéséről (European Commision, 2011; European Parliament, 2020). Meg kell jegyezni, hogy az EU csak az ételmezési célú termékek pazarlását említi kizárva például a takarmányozás során keletkezett veszteséget és hulladékot (pl. a bioenergia termelés is ide tartozik). Az EU-ban a szabályozás is akadályozza a veszteség/hulladék hasznosítását takarmányként, mert például Koreában, Japánban és Tajvanon a hulladék egyharmadát újrahasznosítják takarmányként. A gabonaellátási lánc minden fázisában képződik veszteség és hulladék, de eltérő arányban. Ez is hozzájárul a ténylegesen fogyasztott termék magasabb költségéhez (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).



2. ábra: Veszteségek az élelmiszerlánc mentén

Forrás: IWMI (2007)

A globális gabonatermelés jelentős növekedésére van szükség az elkövetkező évtizedekben, hogy fedezze a növekvő élelmiszer- és takarmány célú keresletet. A globális búza-, kukorica-, rizs- és szójabab évi 2,1 milliárd tonna terméssel szemben a betakarítás előtti veszteség évente legalább 1,1 milliárd tonnát tesz ki, azaz a 3,1 milliárd tonna elméleti hozam egyharmadát. A betakarítás, a tárolás és a toxinfertőzés által okozott veszteség évi további 700 millió tonnát

jelent, a betakarítás előtti veszteséggel együtt pedig évi 1,8 milliárd tonnát, azaz az összes újonnan tárolt gabona 85%-át. A **gabonaveszteség alakulása a technológiától, a munkaerő képzettségétől és a fogyasztói magatartástól függ.** Jelenleg a globális gabonatermesztés jelentős növelése kizárólag új, magasabb hozamú fajták bevezetésével nem lehetséges, helyette hatékony megoldást kínál a veszteség és hulladék csökkentése a termelés, a tárolás és a fogyasztás során. Az élelmezés- és táplálkozásbiztonság növelésének hatékony módszere a globális pazarlás csökkentése (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).

A gabona értékláncban megfigyelhető élelmiszer-pazarlásról és annak csökkentéséről készült kalkulációk hozzájárulnak a hatékony gabonatermelés és -fogyasztás lehetőségeinek feltárásához. A betakarítás előtti és a raktározás során felmerülő mikotoxin szennyezés óriási veszteséget okoz a gabonafélék termelésében és felhasználásában. A gabona értéklánc pazarlása magában foglalja a szántóföldi, a betakarítási, raktározási, forgalmazási és fogyasztói hulladékot és veszteséget. A termelésben azonban kitüntetett szerepe van az integrált növényvédelemnek, a növénynemesítésnek és agronómiának is. A pazarlás minimalizálása a gabona értéklánc mentén tehát összetett feladat, ahol a pazarlás elérheti a 60-70%-ot! A hozamstabilitást és rezisztenciát célzó nemesítés fejlett növényvédelmi stratégiával, agronómiával és tárolással kombinálva a veszteség és hulladék 50%-os csökkentése lehetségesnek tűnik a gabona ellátási lánc mentén, így világszerte további 3-4 milliárd ember gabonaigényét tudjuk kielégíteni fenntartható módon a növényfajták genetikai hozamának növelése nélkül. Ehhez hosszú távú gondolkodásra és a gondolkodásmód megváltoztatására, nem pedig rövid távú profithajszára van szükség (Mesterházy és szerzőtársai, 2020).

4.4.3. Alternatív fehérjeforrások

A globális gazdasági expanzió és a népesség folytatódó, noha lassuló ütemű (éves átlagban 1% körüli) növekedése nyomán várhatóan tovább élénkül az élelmiszerek iránti kereslet. A világ népessége 2020-2050 között 7,8 milliárd főről közel 10 milliárd főre, vagyis 25%-kal bővül, ami az étrend változásával, azaz a magas hozzáadott-értékű élelmiszerek (hús- és tejtermékek) fogyasztásának növekedésével együtt értékben kifejezve 60%-kal növeli az élelmiszerigényt (FAO, 2017). A növekvő hústermelés feltétele a fehérjetakarmány előállítása. Az egyéb, vagy alternatív fehérjeforrások belátható időn belül nem váltják ki a szójafehérjét. A legújabb alternatív élelmiszerfehérje piaci bevezetése is gyorsan bővül világszerte, mint a laboratóriumi hús vagy növényi eredetű vegahús előállítása (Oláh, 2019).

A fű/lucerna fehérjehozama magas, értéke 2,0-2,5 t/ha között változik, ugyanakkor alacsony a biológiai értéke és a fehérjeliszt gyártása energiaigényes (szárítás) folyamat, vagyis magas a szénlábnyoma. A levélfehérjével kapcsolatos kutatások között első helyen egy magyar szellemi örökségnek tekinthető eljárást, a lucerna levélfehérje koncentrátumot (Leaf Protein Concentrate: LPC) indokolt kiemelni. Az LPC technológia első szabadalmaztatója Ereky Károly magyar gépészmérnök, a biotechnológia fogalom megalkotójának az atyja volt. Ereky Károly az 1920-as években szabadalmaztatta a zöldmalom eljárást, amellyel értékes fehérjedús takarmányokat állított elő friss növényekből, ezzel újtára indítva a levélfehérje feldolgozás iparágát (Popp és Oláh, 2018).

Az akvakultúra eredetű fehérjeforrás (alga, békalencse, krill) is szóba jöhet alternatívaként hosszabb távon az alacsony földhasználat és a jó fajlagos fehérjehozam alapján, ehhez viszont nélkülözhetetlen a táplálóérték meghatározása és a szárítási költségek csökkentése. A jövőben várható az alga takarmányozási célú felhasználása, mert a termelési költségek jelentős csökkenésével az élelmiszer helyett a takarmány előállítására összpontosítanak majd.

Összességében megállapítható, hogy az algafehérje előállításának piaci bevezetése a közeli jövőben esedékes lehet az omega 3-as zsírsav termelésével kombinálva. Ez a kombináció

az akvakultúra (lazac) takarmányozására is ideális megoldást nyújt(hat). A többi akvakultúra eredetű fehérjeforrás előállítás mennyisége szerény mértékű marad a jövőben és legfeljebb részi igényeket elégít ki. Hosszú távon a rovarok élelmiszerként és takarmányként is alternatívát kínálnak, mert alacsony a földhasználat, ráadásul szerves hulladékot hasznosítanak. Ehhez szükség van a fajlagos termelési költség radikális csökkentésére, a táplálóérték meghatározására, de a takarmány célú felhasználás engedélyezése is lassú és nehézkes (Popp és Oláh, 2018; Popp és szerzőtársai, 2018a; Popp és szerzőtársai, 2018d; Popp és szerzőtársai, 2018e).

A jelenlegi élelmiszertermelés módja hosszú távon nem fenntartható. Többek között azért, mert csökken az öntözővíz mennyisége, vagy például a hústermelés környezetterhelést okoz. **A Föld népességének gyarapodása a bolygó jelenlegi eltartóképességét is fenyegeti,** miközben **a globális húsfogyasztás kétszer akkora ütemben nő, ami fenntarthatatlannak tűnik** (Oláh, 2019). Az állattenyésztésben bevezetett környezetbarát lépések is hozzájárul(hat)nak a klímaváltozás mérsékléséhez, az igazi fordulathoz nélkülözhetetlen az állati termékek növekvő fogyasztásának visszaszorítása, például a **„hagyományos” állati eredetű fehérje részbeni helyettesítése alternatív fehérjeforrásokkal.** Ha az egyre növekvő húsfogyasztással már nem tud lépést tartani a haszonállat-tenyésztés, akkor a **laboratóriumban előállított húsok** is előtérbe kerülhetnek. (Popp és szerzőtársai, 2018f). Gyorsan bővül a **„vegahús”** piaci bevezetése is, ugyanis kizárólag növényi alapanyagokból (szója, borsó, búza, burgonya, kókuszolaj, cékla stb.) állítanak elő húsízű és -kinézetű vegahúst (Oláh, 2019).

Az elkövetkező évtizedekben még a relatíve stabil és fejlett afrikai országok sem lesznek önellátóak élelmiszerből. Ez még inkább előtérbe hozza az afrikai gazdaság globális értékláncba történő integrálódás szükségességét a piacképes áru és szolgáltatás előállítása érdekében. A vizsgált két afrikai ország (Nigéria és Uganda) legfontosabb rövid távú feladata a tőke kiáramlásának megállítása (Popp és szerzőtársai, 2019c).

A kék bioökonómia, ezen belül az akvakultúra jelentősége az élelmiszer és egyéb biomassza termelésében folyamatosan növekszik. Mivel a nagyüzemi monokultúras termelés egyre nagyobb és koncentráltabb piacokat szolgál ki homogén termékekkel, környezeti fenntarthatósági problémák lépnek fel (Gyalog és szerzőtársai, 2017). Az új típusú integrált multitrofikus akvakultúra (Integrated Multi-Trophic Aquaculture: IMTA) rendszerek hozzájárulnak a fenntartható intenzifikációhoz, vagyis a fajlagos hozamok növeléséhez pozitív környezeti hatás és ökológiai szolgáltatás mellett (Popp és szerzőtársai, 2018d). Az IMTA alapelve a körforgásos gazdálkodási forma megteremtése az energiaáramlás, a veszteség és a környezetszennyezés minimalizálásával, ugyanakkor elősegíti a gazdasági növekedést és a társadalmi haladást.

A több szempontú döntési módszer (Analytic Hierarchy Process: AHP) alkalmazásával rámutattam, hogy a multifunkcionális tógazdálkodás jól illeszkedik az édesvízi erőforrások fenntartható hasznosításának folyamatába. Továbbá az elemzés azt is bizonyította, hogy a tógazdálkodásban érdekelt vállalkozók tudatosan alkalmazkodnak a változó körülményekhez, illetve kihasználják a multifunkcionális tógazdálkodás adta lehetőségeket. A vállalkozói döntések azonban gyakran ellentmondásosak, ezért a kommunikáció javítására van szükség a kutatói és a vállalkozói szféra között. Kutatásom tapasztalatai alapján kijelenthető, hogy szükség van a multifunkcionális tógazdálkodás fejlesztését szolgáló specifikus elemzésekre is, különösen célirányos szocioökonómiai és a halastavak által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatás értékének meghatározását célzó kutatásokra (Popp és szerzőtársai, 2019d).

4.5. Bioökonómia: fenntarthatósági prioritás

4.5.1. Környezetbiztonság

A környezetbiztonság azt jelenti, hogy élelmiszert és energiát elkerülhető környezeti károk nélkül állítsunk elő. A folyamatos **gazdasági növekedés** mennyiségi szemlélete a globális felmelegedéshez vezetett, ugyanakkor a kutatás egyre nagyobb figyelmet fordított a CO₂-kibocsátás kérdéseire is (Mikayilov és szerzőtársai, 2018; Haghiri és szerzőtársai, 2019; Li és szerzőtársai, 2015).

Az **abszorpciós kapacitásnak a CO₂-kibocsátására gyakorolt szerepét** vizsgáltam az USA és Kína példája alapján (Mariyakhon és szerzőtársai, 2020). Ez az elemzés azt feltételezi, hogy a növekvő innováció hatására Kínában és az USA-ban egyaránt visszaesik a CO₂-kibocsátás, de a gazdasági növekedést nem befolyásolja. Az endogén gazdasági növekedés elmélete szerint a K+F és humán tőke előmozdítja a technológiai innovációt. Az abszorpciós kapacitás és az innováció megkönnyítheti a környezetbarát gazdasági fejlődést a biztonságos és megfizethető energiaellátás mellett. A kutatás megállapítja, hogy hosszú távon a növekvő innováció és technológia transzfer hozzájárul a fenntartható gazdasági fejlődéshez és a CO₂-kibocsátás csökkentéséhez Kínában és az USA-ban egyaránt. Az eredmények robusztusak az ÜHG-kibocsátás intenzitása alapján. Ezért a politikai döntéshozóknak és a kutatóknak egyaránt indokolt figyelembe venni, hogy az innováció és technológia transzfer abszorpciós képessége kulcsszerepet játszik a fenntartható fejlődés elősegítésében (Mariyakhon és szerzőtársai, 2020).

A világ számos térségében egyre élesebb verseny folyik a rendelkezésre álló **vízforrások hasznosításáért** a mezőgazdaság és az ipar, valamint a háztartások/közösségek között. Az elmúlt években a szárazság okozta termés kiesések jelzik, milyen komoly mértékben függ a mezőgazdaság a vízkészletek alakulásától. A „vízbuborék” törékeny és nem fenntartható: ma 7,8 milliárd ember ugyanannyi vízmennyiségen osztozik, mint a 300 millió fős globális népesség a Római Birodalom idején. A Föld vízkészletének 97,5%-a a tengervíz, 2,5%-a édesvíz, ebből csupán 0,3%-ot tesznek ki az emberi vízellátását szolgáló folyók és tavak. Jelenleg az élelmiszer-termelés vízfelhasználásának 78%-a esőből származik, ugyanakkor a vízfelhasználás egyre nagyobb részét az öntözés biztosítja. Az emberiséget vízválság fenyegeti, sőt a jövőben a víz lehet az új „olaj” (Ausztráliában működik már víztőzsde is). A vízhiány már napjainkban is komoly kihívást jelent a Föld számos pontján (Oláh, 2019).

4.5.2. Energiabiztonság

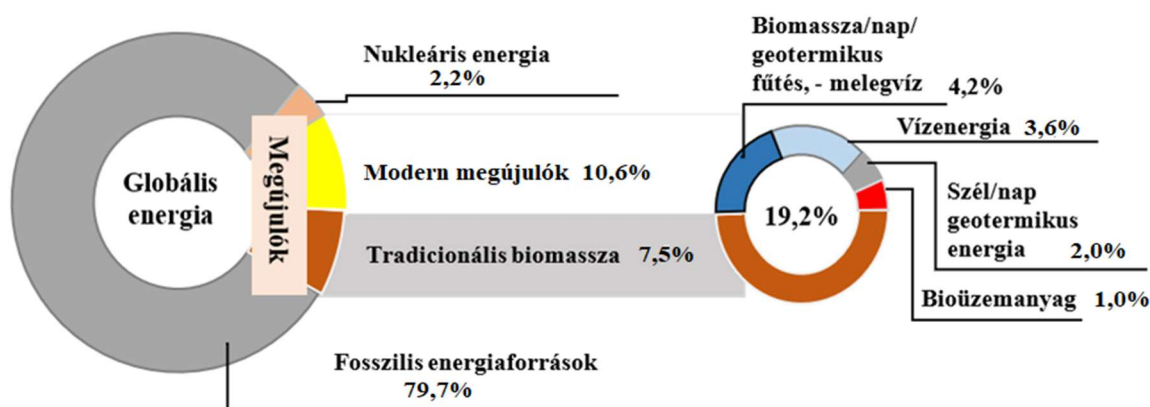
A megújuló energiaforrások növekvő felhasználása mellett az energiahatékonyság és -takarékoság növelése is fontos szempont a fosszilis energia felhasználásának mérsékléséhez, ezzel párhuzamosan az energiainport-függőségből származó politikai és gazdasági kockázatok csökkentésében (Harangi-Rákos és szerzőtársai, 2017a; Harangi-Rákos és szerzőtársai, 2017b).

A globális népességnövekedés mellett az életmódváltozás miatt (urbanizáció és motorizáció), az emberek átlagos energiafogyasztása is emelkedik. A fejlett országokban az energiahatékonyság javulása mérsékelheti ezt a folyamatot (Popp és szerzőtársai, 2017). A növekvő világnépesség tehát hatványozódó (exponenciális) erőforrás-felhasználást eredményez, a fosszilis készletek viszont végesek. Egy növekedésorientált, de fenntarthatatlan világgazdasági rendszerben már az energiatermelés stagnálása is válságot jelent, a csökkenés pedig akár katasztrófát is okozhat (Popp és szerzőtársai, 2017; Popp és szerzőtársai, 2018g).

A biomassza alapú üzemanyag iránt jelentkező keresletet befolyásolja, hogy miképpen alakul a közlekedésben az energiahatékonyság és a közlekedésben felhasznált energiaforrás szerkezete. Belátható időn belül a bioüzemanyagok nem váltják ki a hagyományos folyékony motorhajtóanyagokat, hanem a fosszilis eredetű motorhajtóanyagokhoz keverve játszanak

szerepet a közlekedés energiaellátásában (Popp és szerzőtársai, 2018c). A folyékony bioüzemanyagok előállításának hatékonyságát indokolt növelni, hogy a jövőben versenytársai legyenek a hagyományos motorhajtóanyagoknak. A jövőben a bioüzemanyag gyártásnál előtérbe kerül a mezőgazdasági melléktermékek felhasználása, de a lágy- és fásszárú növények is szóba jöhetnek nyersanyagként (Popp és szerzőtársai, 2017). A biogáz motorhajtóanyag célú felhasználását korlátozza egyrészt az egyes uniós tagországok ezzel kapcsolatos szabályozása, másrészt az energianövények biogáz célú felhasználására vonatkozó fenntarthatósági előírások, ezért ennek elemzése nem képezte a dolgozat tárgyát.

A végső energiafogyasztásban a fosszilis energia (kőolaj, szén, földgáz) aránya 2017-ben az 79,7%-ot, a megújuló energiaforrások 18,1%-ot és a nukleáris energia 2,2%-ot tett ki világszerte. A megújuló energia a világ negyedik legnagyobb energiaforrását jelenti a kőolaj, szén és földgáz után, ebből a „modern” megújulók 10,6%-ot (szél-, nap-, víz-, geotermikus-energia, bioüzemanyagok stb.), a tradicionális biomassa 7,5%-ot képvisel (3. ábra). A biomassa hagyományos és modern megújuló felhasználását is beleértve, a bioenergia 12,7%-kal járult hozzá a globális energiaellátáshoz (IEA, 2018a; IEA, 2018b; REN21, 2019). A biomassa hagyományos felhasználása az elmúlt években stabil volt, de részesedése a globális végső energiaellátásban fokozatosan csökkent, miközben a „modern megújuló tüzelőanyagok” részesedése az 1990-es évek vége óta növekszik. A múltban a biomassa energiacélú felhasználása fás nyersanyagokon alapult, de ma az energiatermelést szolgáló bioenergia a növényi és állati eredetű hulladékoktól kezdve az élelmiszeripar melléktermékein át egészen az energianövényekig, a lakossági szerves hulladékokig és a vízi biomasszáig terjed.



3. ábra: A megújuló energia aránya a globális végső energiafogyasztásban, 2017

Forrás: REN21 (2019)

A folyékony bioüzemanyagok globális termelésének mintegy 77%-át az **etanol** adja. A globális etanol-termelés 112 milliárd literre nőtt a 2016-2018 közötti időszak évi átlagában. A globális etanoltermelés várhatóan tovább nő a jövőben (OECD/FAO, 2019). Az USA a világ vezető etanolgyártója, Brazíliával együtt a teljes termelés 84%-át képviseli. A bioüzemanyag-termelés globális növekedése az előrejelzések szerint a következő évtizedben folytatódni fog, bár az előző évtizedhez képest lassabb ütemben. Az üzemanyag célú etanoltermelés az USA-ban elérte a 61 milliárd liter mennyiséget, ennek 11%-át exportálták a vizsgált időszak évi átlagában. Brazíliában az etanoltermelés 29 milliárd literre nőtt. Kína 9,6 milliárd liter termelésével Ázsia legnagyobb etanolgyártója maradt. Az EU-28-ban az üzemanyag célú etanol-előállítása 7,5 milliárd litert ért el 2016-2018 közötti időszak átlagában, míg India 2,4 milliárd liter és Kanada 1,9 milliárd liter termelésével továbbra is jelentős etanolgyártó országoknak számítanak.

A **bioetanol szektor különféle szempontjainak azonosítását** a PRISMA (Preferred Reporting Elements for Systematic Review and Meta-Analyzes) ajánlás alapján végeztem el. A bioetanol szektor elemzésében a szakirodalom általában a rendszerdinamikai modellt alkalmazza. A kutatás feltárta a feldolgozott szakirodalom erősségeit és korlátait, valamint a rendszerdinamikai modellezés alkalmazását. Bár a modellek, a háttér adatok és az eredmények egymással összefüggnek és nem lehet szigorú kategóriákba csoportosítani, a kutatás integritása érdekében a szisztematikus áttekintés módszerét alkalmaztam. Rámutattam a vizsgált közlemények közötti ellentmondásra és a felhasznált modelleszközök hiányosságaira. A PRISMA ajánlás alkalmazása úttörő szerepet játszhat a megújuló energia alaposabb és sokrétű elemzéséhez. Országoként változik a bioetanolgyártás ideális alapanyaga, termelési mennyisége és felhasználása. Egy modell kidolgozásával az adott ország vagy régió meghatározhatja a megfelelő alapanyagot, termelési és felhasználási paramétereit. A rendszerdinamika tehát hasznos eszköz a komplex rendszerek megismerésében (Oláh és szerzőtársai, 2020).

A **biodízel** globális előállítás 37 milliárd liter volt a 2016-2018 közötti időszak évi átlagában, ebből a hidrogénezett növényi olaj (Hydrogenated Vegetable Oil: HVO) 6 milliárd litert tett ki, ráadásul nem károsítja a motort, a kipufogócsövet és mérsékeli a kipufogógáz-kibocsátást. A globális biodízel termelése továbbra is bővül, elsősorban az Egyesült Államokra vonatkozó biodízel mandátum növekedésével. A globális biodízelgyártás bővülését az USA-ban, az EU-ban, Brazíliában, Indonéziában és Argentínában a bioüzemanyagra érvényes szabályozások mozgatják. A biodízelgyártás sokkal kevésbé koncentrált, mint az etanolgyártás. Az Európai Unió továbbra is a globális biodízelgyártás középpontjában állt, 13,5 milliárd liter termelésével 36%-át képviseli a globális termelésből, majd az USA és Brazília követi 6,9 milliárd liter, illetve 4,5 milliárd liter biodízel előállítással a vizsgált időszak évi átlagában. Indonéziában a termelés időközben évi 3,7 milliárd literre nőtt, Argentínában azonban a termelés 2,7 milliárd literre esett vissza az USA-ban bevezetett dömpingellenes vámok miatt. Az EU továbbra is a legnagyobb biodízelgyártó marad a világon, de jelentős világpiaci szereplő lesz az USA, Brazília, Indonézia és Argentína is (OECD/FAO, 2019).

Össességében elmondható, hogy a bioüzemanyaggyártás a földhasználat változás alakulásához nagyon kis mértékben járul hozzá. A felhasznált nyersanyag egy része viszont takarmánnyként visszakerül az állattenyésztéshez, ezért így energianövények globális nettó földhasználata 2%-ról mintegy 0,5%-ponttal, azaz 1,5%-ra csökken (Oláh és szerzőtársai, 2017; Popp és szerzőtársai, 2017). Ugyanakkor egyes országok néhány mezőgazdasági ágazatában komoly arányt képvisel a bioüzemanyag-gyártás számára termelt nyersanyag.

5. Hivatkozások jegyzéke

- Bell, J., Paula, L., Dodd, T., Németh, S., Nanou, C., Mega, V., Campos, P. (2018): EU ambition to build the world's leading bioeconomy-Uncertain times demand innovative and sustainable solutions. *New Biotechnology*, Vol. 40, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.010>
- Bugge, M. M., Hansen, T., Klitkou, A. (2016): What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, Vol. 8, No. 7, 691, 1-22. <https://doi.org/10.3390/su8070691>
- Circular Economy Strategy (2015): *EU Circular Economy Action Plan, A new Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe*. http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- European Commission (EC) (2011): *Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011) 571*. European Commission, Brussels, Belgium, <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2011-571-roadmap-to>
- European Commission (2012): *Review of the 2012 European Bioeconomy Strategy*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 1-60. https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/review_of_2012_eu_bes.pdf, <https://doi.org/10.2777/086770>
- European Commission (2013): *A bioeconomy strategy for Europe*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/10.2777/17708>
- European Commission (2014): *What Next for the European Bio-economy? The latest thinking from the European Bio-economy Panel and the Stand-ing Committee on Agricultural Research Strategic Working Group (SCAR)*. Brussels, 1-43. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e408028-0256-448f-9b1a-5556ade096be>
- European Commission (2017a): *Sustainable and optimal use of biomass for energy in the EU beyond 2020*. Annexes of the Final Report, EC Directorate General for Energy, <https://ec.europa.eu/energy/en/studies/sustainable-and-optimal-use-biomass-energy-eu-beyond-2020>
- European Commission (2017b): *Review of the EU bioeconomy strategy and its action plan - Expert group report - Study*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, <https://doi.org/10.2777/149467>
- European Commission (2018): *A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy*. Directorate-General for Research and Innovation. Unit F - Bioeconomy 1, 1-107. European Commission, Brussels, Belgium, https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/ec_bioeconomy_strategy_2018.pdf#view=fit&pagemode=none, <https://doi.org/10.2777/478385>
- European Parliament (2020): *European Parliament resolution of 15 January 2020 on the European Green Deal*. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2020-0005_EN.html
- Eurostat (2016): *European Health Interview Survey*. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7700898/3-20102016-BP-EN.pdf/c26b037b-d5f3-4c05-89c1-00bf0b98d646>

- FAO (2017): *The state of food security and nutrition in the world 2017*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, <http://www.fao.org/3/a-I7695e.pdf>
- Felt, U. (2007): *Taking European Knowledge Society Seriously, Report of the Expert Group on Science and Governance to the Science*. Economy and Society Directorate, Directorate-General for Research, European Commission, Directorate-General for Research - European Commission, Brussels
- Fevolden, A., Coenen, L., Hansen, T., Klitkou, A. (2017): The role of trials and demonstration projects in the development of a sustainable bioeconomy. *Sustainability*, Vol. 9, No. 3, 419, 1-15. <https://doi.org/10.3390/su9030419>
- Genovese, A., Acquaye, A.A., Figueroa, A., Koh, S.L. (2017): Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, Vol. 66, 344-357. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>
- Georgescu-Roegen, N. (1975a): *Bio-economics aspects of entropy*. In: Kubat, L., Zeman, J. (Eds.), *Entropy and Information in Science and Philosophy*. Elsevier, Amsterdam, 125-142.
- Georgescu-Roegen, N. (1975b): Energy and economic myths. *Southern Economic Journal*, Vol. 41, No. 3, 347-381. <https://doi.org/10.2307/1056148>
- Georgescu-Roegen, N. (1978): De la science économique à la bioéconomie. *Revue d' Economie Politique*, Vol. 88, No. 3, 337-382. https://www.jstor.org/stable/24696907?seq=1#metadata_info_tab_contents
- Gyalog, G.; Oláh, J.; Békefi, E.; Lukácsik, M.; Popp, J. (2017): Constraining Factors in Hungarian Carp Farming: An Econometric Perspective. *Sustainability*, Vol. 9, No. 11, 2111, 1-13. <https://doi.org/10.3390/su9112111>
- Harangi-Rákos, M., Popp, J., Oláh, J. (2017a): A bioüzemanyag előállítás globális kihívásai. *Journal of Central European Green Innovation*, Vol. 5, No. 4, 11-32. http://greeneconomy.uni-eszterhazy.hu/sites/greeneconomy.foiskola.krf/files/upload/JCEGI_2017_5_4_2.pdf
- Harangi-Rákos, M., Popp, J., Oláh, J. (2017b): A megújuló energia termelésének kilátásai az EU energiafogyasztásában, *Energiagazdálkodás*, Vol. 58, No. 6, 19-25. http://www.ete-net.hu/images/doku/Enga/2017/enga_2017_6_honlap.pdf
- Hengeveld, L.M., Wijnhoven, H.A., Olthof, M.R., Brouwer, I.A., Harris, T.B., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., Visser, M., Study, H.A. (2018): Prospective associations of poor diet quality with long-term incidence of protein-energy malnutrition in community-dwelling older adults: The Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 107, 155-164. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqx020>
- Haghiri, M., Sabau, G., Ahmed, R. (2019): The Long Run Relationship between Economic Growth and Environmental Quality. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 1-10. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2019/v32i330153>
- Hellsmark, H., Frishammar, J., Söderholm, P., Ylinenpää, H. (2016): The role of pilot and demonstration plants in technology development and innovation policy. *Research Policy*, Vol. 45, 1743-1761. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.005>
- IEA (2018a): *Renewables 2018, Analysis and Forecasts to 2023*. Paris, France: International Energy Agency, <https://www.iea.org/reports/renewables-2018>

- IEA (2018b): *World Energy Outlook 2018*. International Energy Agency, <https://www.iea.org/weo2018/>
- IWMI (2007): *Water for Food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. International Water Management Institute, London, UK: Earthscan, Colombo, Sri Lanka, 1-645. <http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/Publications/books.htm>
- Kiss, A., Popp, J., Oláh, J., Lakner, Z. (2019): The Reform of School Catering in Hungary: Anatomy of a Health-Education Attempt. *Nutrients*, Vol. 11, No. 4, 716, 1-19. <https://doi.org/10.3390/nu11040716>
- Kiss, A., Pfeiffer, L., Popp, J., Oláh, J., Lakner, Z. (2020): A Blind Man Leads a Blind Man? Personalised Nutrition-Related Attitudes, Knowledge and Behaviours of Fitness Trainers in Hungary. *Nutrients*, Vol. 12. No. 3, 663, 1-18. <https://doi.org/10.3390/nu12030663>
- Langeveld, H., Meeusen, M., Sanders, J. (Eds.) (2010): *The Biobased Economy: Biofuels*. London: Earthscan, ISBN 9781844077700-389
- Li, H., Wei, Y.-M., Mi, Z. (2015): China's carbon flow: 2008-2012. *Energy Policy*, Vol. 80, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.025>
- Mariyakhan, K., Mohamued, E. A., Asif Khan, M., Popp, J., Oláh, J. (2020): Does the level of absorptive capacity matter for carbon intensity? Evidence from the USA and China. *Energies*, Vol. 13, No. 2, 407, 1-18. <https://doi.org/10.3390/en13020407>
- Mesterházy, Á., Oláh, J., Popp, J. (2020): Losses in the grain supply chain: causes and solutions. *Sustainability*, Vol. 12, No. 6, 2342, 1-18. <https://doi.org/10.3390/su12062342>
- Mikayilov, J.I., Galeotti, M., Hasanov, F.J. (2018): The impact of economic growth on CO2 emissions in Azerbaijan. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 197, 1558-1572. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.269>
- OECD (2009): *The Bio-economy to 2030: Designing a Policy Agenda, Main Findings*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, 1-332. <https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>
- OECD (2017a): *Biomass for a Sustainable Bioeconomy: Technology and Governance*. (No. DSTI/STP/BNCT(2016)7/FINAL) DSTI/STP/BNCT(2016)17/FINAL), Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris
- OECD (2017b): *Biorefineries Models and Policy*. (No. DSTI/STP/BNCT(2016)16/FINAL), Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris
- OECD (2017c): *Towards Bio-production of Materials: Replacing the Oil Barrel*. (No. DSTI/STP/BNCT(2016)17/FINAL), Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris
- OECD (2018a): *The bioeconomy concept: Then and now, in Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264292345-4-en>
- OECD (2018b): *Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy*. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, 1-196. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264292345-en>

- OECD/FAO (2019): *Agricultural Outlook 2019-2028*. Organisation for Economic Co-operation and Development/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en
- Oerke, E. (2006): Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, Vol. 144, 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Oláh, J., Lengyel, P., Balogh, P., Harangi-Rákos, M., Popp, J. (2017): The Role of Biofuels in Food Commodity Prices Volatility and Land Use, *Journal of Competitiveness*, Vol. 9, No. 4,
- Oláh, J. (2019): A fenntartható élelemiszerellátás kihívásai az energia és környezetbiztonság tükrében. *A Falu*, Vol. 34, No. 4, 21-34. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=167386
- Patermann, Ch. (2016): *The circular bioeconomy; materials from bioeconomy congress EBCL*. <http://bioeconomy.lodzkie.pl/wp-content/uploads/P/2/P1/1.pdf>
- Popp, J., Pető, K., Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. 33, No. 1, 243-255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
- Popp J., Harangi Rákos, M., Oláh, J. (2017): A megújuló energia termelésének globális kilátásai az energiafogyasztásban Magyarországon. *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, Vol. 3. No. 2, 55-60. <https://doi.org/10.21405/logtrend.2017.2.3.55>
- Popp, J., Oláh, J. (2018): Fehérjefüggőség: merre tovább? *Magyar Mezőgazdaság*, Vol. 73, No. 4, 60-61
- Popp, J., Oláh, J., Kiss, A., Temesi, Á., Fogarassy, C., Lakner, Z. (2018a): The socio-economic force field of the creation of short food supply chains in Europe. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 58, No. 1, 31-41. <http://www.vup.sk/index.php?mainID=2&navID=36&version=2&volume=58&article=2127>
- Popp, J., Oláh, J., Kiss, A., Temesi, Á., Fogarassy, C., Lakner, Z. (2018b): The socio-economic force field of the creation of short food supply chains in Europe. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 58, No. 1, 31-41. <http://www.vup.sk/index.php?mainID=2&navID=36&version=2&volume=58&article=2127>
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Oláh, J. (2018c): Fehérjetakarmány függőség az EU-ban. Status quo? *Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol. 67, No. 4, 209-224. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=161552
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Tikász, I.E., Varga, E., Oláh, J. (2018d): A keveréktakarmánygyártás kilátásai az EU-ban, különleges tekintettel Magyarországra. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol. 67, No. 3, 137-157. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=161551
- Popp, J., Pető, K., Oláh, J. (2018e): Alternatív fehérrefogyasztás kilátásai Magyarországon. *A Falu*, Vol. 22. No. 2, 37-46. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=163873
- Popp, J., Lakner, Z., Pető, K., Oláh, J. (2018f): Élelmezés- és táplálkozásbiztonság: lehetőségek és kihívások. *A Falu*, Vol. 33, No. 1, 55-67. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=163872
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Kapronczai I., Oláh, J. (2018g): Magyarország megújuló energiatermelésének kilátásai. *Gazdálkodás*, Vol. 62, No. 2, 103-122. <https://econpapers.repec.org/article/agsgazdal/272933.htm>

- Popp, J., Békefi, E., Duleba, Sz., Oláh, J. (2019): Multifunctionality of pond fish farms in the opinion of the farm managers: the case of Hungary, *Reviews in Aquaculture*, Vol. 11, 830-847. <https://doi.org/10.1111/raq.12260>
- Popp, J., Kovács, S., Oláh, J., Divéki, Z., Balázs, E. (2021): Bioeconomy: Biomass and biomass-based energy supply and demand. *New Biotechnology*, Vol. 60, 76-84, <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.004>
- R Core Team (2019): *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>
- REN21 (2019): *Renewables 2019 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf
- Rurik, I., Torzsa, P., Móczár, C., Ungvári, T., Iski, G., Sándor, J. (2015): Prevalence and economic burden of obesity in Hungary. *Annals of Nutrition & Metabolism*, Vol. 67, 331-332. <https://insights.ovid.com/annals-nutrition-metabolism/anumds/2015/10/191/prevalence-economic-burden-obesity-hungary/752/00000595>
- Vivien, F. D., Nieddu, M., Befort, N., Debref, R., Giampietro, M. (2019): The hijacking of the bioeconomy. *Ecological Economics*, Vol. 159, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.027>
- Vízvári, B., Bacsí, Z. (2002): Technological Development and the Stability of Technology in Crop Production. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 3, No. 1, 63-72.
- von Braun, J., ter Meulen, V., Aksnes, L.D., Benton, T., Garrido, A., Godfray, C., Hermansson, M.A., Janssen, S., Jung, C., Krasilnikov, P., O'Sullivan, A., Popp, J., Schnieke, A., Wroblewska, B., Canales, C., Fears, R. (2017): *Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in Europe*. EASAC policy report 34. December 2017, German National Academy of Sciences Leopoldina, 1-72. http://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Food_Security/EASAC_FNSA_report_complete_Web.pdf
- WHO (2018): *Global Health Observatory (GHO) data*. World Health Organisation, http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight/en/

6. A téziseket alátámasztó publikációk jegyzéke

- Gyalog, G.; **Oláh, J.**; Békefi, E.; Lukácsik, M.; Popp, J. (2017): Constraining Factors in Hungarian Carp Farming: An Econometric Perspective. *Sustainability*, Vol. 9, No. 11, 2111, 1-13. <https://doi.org/10.3390/su9112111>
- Harangi-Rákos, M., Popp, J., **Oláh, J.** (2017a): A bioüzemanyag előállítás globális kihívásai. *Journal of Central European Green Innovation*, Vol. 5, No. 4, 11-32. http://greeneconomy.uni-eszterhazy.hu/sites/greeneconomy.foiskola.krf/files/upload/JCEGI_2017_5_4_2.pdf
- Harangi-Rákos, M., Popp, J., **Oláh, J.** (2017b): A megújuló energia termelésének kilátásai az EU energiafogyasztásában, *Energiagazdálkodás*, Vol. 58, No. 6, 19-25. http://www.ete-net.hu/images/doku/Enga/2017/enga_2017_6_honlap.pdf
- Kiss, A., Popp, J., **Oláh, J.**, Lakner, Z. (2019): The Reform of School Catering in Hungary: Anatomy of a Health-Education Attempt. *Nutrients*, Vol. 11, No. 4, 716, 1-19. <https://doi.org/10.3390/nu11040716>
- Kiss, A., Pfeiffer, L., Popp, J., **Oláh, J.**, Lakner, Z. (2020): A Blind Man Leads a Blind Man? Personalised Nutrition-Related Attitudes, Knowledge and Behaviours of Fitness Trainers in Hungary. *Nutrients*, Vol. 12, No. 3, 663, 1-18. <https://doi.org/10.3390/nu12030663>
- Mariyakhn, K., Mohamued, E. A., Asif Khan, M., Popp, J., **Oláh, J.** (2020): Does the level of absorptive capacity matter for carbon intensity? Evidence from the USA and China. *Energies*, Vol. 13, No. 2, 407, 1-18. <https://doi.org/10.3390/en13020407>
- Mesterházy, Á., **Oláh, J.**, Popp, J. (2020): Losses in the grain supply chain: causes and solutions. *Sustainability*, Vol. 12, No. 6, 2342, 1-18. <https://doi.org/10.3390/su12062342>
- Oláh, J.**, Lengyel, P., Balogh, P., Harangi-Rákos, M., Popp, J. (2017): The Role of Biofuels in Food Commodity Prices Volatility and Land Use, *Journal of Competitiveness*, Vol. 9, No. 4, 81-93. <https://doi.org/10.7441/joc.2017.04.06>, <http://www.cjournal.cz/files/267.pdf>
- Oláh, J.** (2019): A fenntartható élelemiszerellátás kihívásai az energia és környezetbiztonság tükrében. *A Falu*, Vol. 34, No. 4, 21-34. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=167386
- Oláh, J.**, Krisán, E., Kiss, A., Lakner, Z., Popp, J. (2020): PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews of the Bioethanol Sector. *Energies*, Vol. 13, No. 9, 2323, 1-34. <https://doi.org/10.3390/en13092323>
- Popp J., Harangi Rákos, M., **Oláh, J.** (2017): A megújuló energia termelésének globális kilátásai az energiafogyasztásban Magyarországon. *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, Vol. 3. No. 2, 55-60. <https://doi.org/10.21405/logtrend.2017.2.3.55>
- Popp, J., **Oláh, J.**, Kiss, A., Temesi, Á., Fogarassy, C., Lakner, Z. (2018a): The socio-economic force field of the creation of short food supply chains in Europe. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 58, No. 1, 31-41. <http://www.vup.sk/index.php?mainID=2&navID=36&version=2&volume=58&article=2127>
- Popp, J., **Oláh, J.**, Kiss, A., Temesi, Á., Fogarassy, C., Lakner, Z. (2018b): The socio-economic force field of the creation of short food supply chains in Europe. *Journal of Food and Nutrition Research*, Vol. 58, No. 1, 31-41. <http://www.vup.sk/index.php?mainID=2&navID=36&version=2&volume=58&article=2127>

- Popp, J., Harangi-Rákos, M., **Oláh, J.** (2018c): Fehérjetakarmány függőség az EU-ban. Status quo? *Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol. 67, No. 4, 209-224. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=161552
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Tikász, I.E., Varga, E., **Oláh, J.** (2018d): A keveréktakarmánygyártás kilátásai az EU-ban, különleges tekintettel Magyarországra. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, Vol. 67, No. 3, 137-157. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=161551
- Popp, J., Pető, K., **Oláh, J.** (2018e): Alternatív fehérrefogyasztás kilátásai Magyarországon. *A Falu*, Vol. 22. No. 2, 37-46. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=163873
- Popp, J., Lakner, Z., Pető, K., **Oláh, J.** (2018f): Élelmezés- és táplálkozásbiztonság: lehetőségek és kihívások. *A Falu*, Vol. 33, No. 1, 55-67. https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=163872
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Kapronczai I., **Oláh, J.** (2018g): Magyarország megújuló energiatermelésének kilátásai. *Gazdálkodás*, Vol. 62, No. 2, 103-122. <https://econpapers.repec.org/article/agsgazdal/272933.htm>
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Kapronczai I., **Oláh, J.** (2018g): Magyarország megújuló energiatermelésének kilátásai. *Gazdálkodás*, Vol. 62, No. 2, 103-122. <https://econpapers.repec.org/article/agsgazdal/272933.htm>
- Popp, J., **Oláh, J.**, Kiss, A., Lakner, Z. (2019a): Food Security Perspectives in Sub-Saharan Africa. *Amfiteatru Economic*, Vol. 21, No. 51, 361-676. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=763566>
- Popp, J., Békefi, E., Duleba, Sz., **Oláh, J.** (2019b): Multifunctionality of pond fish farms in the opinion of the farm managers: the case of Hungary, *Reviews in Aquaculture*, Vol. 11, 830-847. <https://doi.org/10.1111/raq.12260>
- Popp, J., Kovács, S., **Oláh, J.**, Divéki, Z., Balázs, E. (2021): Bioeconomy: Biomass and biomass-based energy supply and demand. *New Biotechnology*, Vol. 60, 76-84, <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.004>

7. Tudományos munkásság összefoglaló táblázata

Oláh Judit szakirodalmi munkásságának összefoglalása MTA IV. Agrártudományok Osztálya (2021. 01. 29.)

Tudományos és oktatási közlemények ¹	Közlemé- nyek fokozat (PhD) után ² (2003)	Hivatko- zások ¹ fokozat (PhD) után ² (2003)	Közlemé- nyek összesen	Hivatkozá- sok ¹ összesen
Folyóiratcikk, lektorált szakfolyóiratban, teljes³	219	1687	223	1695
ebből első vagy utolsó szerző	167	1079	171	1087
magyar nyelvű cikk	89	181	92	189
magyar nyelvű cikk osztálylistás folyóiratokban	35	49	38	57
idegen nyelvű cikk IF-os szakfolyóiratokban	52	966	52	966
idegen nyelvű cikk nem IF-os szakfolyóiratokban	78	540	79	540
idegen nyelvű cikk osztálylistás folyóiratokban	41	855	42	855
idegen nyelvű cikk hazai szakfolyóiratokban	21	77	22	77
Konferencia közlemény folyóiratban (teljes)	2	---	2	---
magyar nyelvű	0	---	0	---
idegen nyelvű	2	---	2	---
Szakkönyv	3	12	3	12
magyar nyelvű, egy szerzős	1	0	1	0
magyar nyelvű, több szerzős	1	5	1	5
idegen nyelvű, egy szerzős	0	0	0	0
idegen nyelvű, több szerzős	1	7	1	7
Szakkönyv, szerkesztőként	1	---	1	---
magyar nyelvű	0	---	0	---
idegen nyelvű	1	---	1	---
Könyvfejezet	7	5	8	9
magyar nyelvű, egy szerzős	1	5	1	5
magyar nyelvű, több szerzős	3	0	3	0
idegen nyelvű, egy szerzős	1	0	1	0
idegen nyelvű, több szerzős	2	0	3	4
Felsőoktatási tankönyv, jegyzet	5	---	5	---
egy szerzős	0	---	0	---
több szerzős	5	---	5	---
Fejezet felsőoktatási tankönyvben, jegyzetben	0	---	0	---
egy szerzős	0	---	0	---
több szerzős	0	---	0	---
Szerkesztett felsőoktatási tankönyv, jegyzet	0	---	0	---
Tanulmány- vagy konferenciakötetben megjelent konferencia közlemény (proceedings)	30	---	39	---

magyar nyelvű	15	---	18	---
idegen nyelvű	15	---	21	---
Összes tudományos és oktatási közleményeinek száma	267	1704	281	1716

Tudománymetria adatok	A tudományos fokozat után (2003)	Összesen
Közlemények impaktfaktora	131,9	131,9
Független hivatkozások száma	1455	1465
magyar nyelvű	234	243
idegen nyelvű	1221	1222
hivatkozások nemzetközi adatbázisokban (WoS és/vagy Scopus) ⁴	704	704
Hirsch-index¹	---	20
Ismeretterjesztő közlemények száma	0	0
ismeretterjesztő könyvek	0	0
egyéb ismeretterjesztő művek	0	0
Szabadalmak, oltalmak⁵	0	0
hazai	0	0
külföldi	0	0

Megjegyzések:

1. Hivatkozások (idézések) a disszertáció és egyéb típusúak nélkül.
2. A tudományos fokozat után: a disszertáció benyújtásának éve után.
3. A teljes tudományos folyóiratcikkek közé a szakcikk, összefoglaló cikk, rövid közlemény, esszé besorolású folyóirat közlemények kerülnek a nagy nemzetközi adatbázisokban referált folyóiratokban és a IV. osztály listáján szereplő folyóiratokban megjelent (lektorált) és teljes cikkek.
4. A Web of Science-ben (WOS) és a Scopusban szereplő hivatkozások: az adatbázis azonosítókkal megjelölve.
5. Az elismert fajták listáját az Osztálynak listán kell beküldeni.

n.a. = nincs adat

Készült: 2021. január 29. 14:53

8. Köszönetnyilvánítás

Az értekezés nem születhetett volna meg oktató és kutató kollégáim támogatása nélkül. Itt mondok köszönetet minden kollégámnak, aki közvetve vagy közvetlen módon támogatott az értekezés megírásában.

Köszönöm **Prof. Dr. Popp Józsefnek** a folyamatos biztatást, a számtalan lehetőséget és bátorítást az MTA doktori cselekmény benyújtására. Hasznos és iránymutató tanácsokkal látott el a tudományos életben, további lépésekre biztatott a kutatói pályán.

Köszönöm **Prof. Dr. Lakner Zoltánnak** kollégámnak a baráti és szakmai támogatást, tudományos felvetései és konzultációi mindig gondolkodásra készítettek és nyitottá tettek az új problémák iránt.

Kiemelten köszönöm annak a szűk kutatócsoportnak, nevezetesen **Máté Domiciánnak, Harangi-Rákos Mónikának, Kovács Sándornak, Kiss Annának** a segítségét, akik társzerzőként is segítettek hazai és nemzetközi tudományos munkásságom megalapozását.

Ugyancsak köszönöm jelenlegi PhD hallgatóm, **Erdei Edina** munkáját, segítségét az időigényes napi feladatok megoldásában és végzett PhD hallgatóm, **Horváth Adrienn** több éves munkájáért is hálás vagyok.

Köszönetemet szeretném kifejezni **Varga Mónikának**, aki komoly mértékben hozzájárult az adminisztratív terheim csökkentéséhez.

Hálás köszönetemet kell kifejeznem a **Debreceni Egyetem Alkalmazott Informatika és Logisztika Intézet** összes munkatársának, mivel mindig segítőkészek voltak, bármilyen problémával is fordultam hozzájuk.

Köszönet illeti **Farkasné Fekete Mária és Magda Róbert** Szent István Egyetem-i kollégákat, amiért számos alkalommal fogadtak intézményükben, segítségemre voltak szakmai fejlődésemben és azóta is mindennemű együttműködésre nyitottak.

A teljesség igénye nélkül a következő külföldi munkatársaimnak szeretnék további köszönetet mondani, amiért az utóbbi együtt dolgozhattok velük, számítanak szakmai véleményemre, meglátásaimra: **Prof. Beata Ślusarczyk, Prof. Sebastian Kot, Dr. Włodzimierz Sroka, Prof. Dan-Cristian Dabija, Prof. Dinu Vasile, Prof. Yuriy Bilan, Prof. Muhamad Asif Khan, Prof. Natanya Meyer, Prof. Danie Meyer, Dr. László Mura, Dr. Zuzana Virglerová.**

Megköszönöm minden hazai és külföldi szerzőtársamnak, valamint a közleményeim köszönetnyilvánításaiban szereplők munkáját is. Munkájuk nélkül nem tudtam volna kutatásaimat elvégezni.

Külföldi ösztöndíjaimat az **ERASMUS** és a **CEEPUS program**, míg hazai kutatásaimat a Debreceni Egyetem (**Új Nemzeti Kiválóság Program**), illetve a **Magyar Tudományos Akadémia (Bolyai János Kutatási Ösztöndíj)** is támogatta. A Bolyai Jánosösztöndíj kiemelt támogatást jelentett kutatómunkám folytatásához, mert komoly lehetőséget adott az MTAdoktori disszertáció elkészítéséhez. Az Új Nemzeti Kiválóság Programmal kiegészítve kiszámítható anyagi háttérrel biztosított, így három évig a minőségi kutatásra tudtam koncentrálni.

És végül, de nem utolsó sorban, hatalmas hálával és köszönettel tartozom Családomnak és Barátaimnak, akik folyamatosan támogattak, mellettem álltak és legfőképpen bíztak bennem.