Mezőgazdasági Technika
Különszám
LVIII. évfolyam
2017. május
www.mgitech.hu
tudományos, műszaki fejlesztési és kereskedelmi folyóirat

CIRCULAR ECONOMY

FÓKUSZBAN A MEGÚJULÓ ENERGIA KONFERENCIA ÉS KEREKASZTAL

ICELAND LIECHTENSTEIN NORWAY eea grants
norway grants
HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK REYKJAVÍK UNIVERSITY
NAIK Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ
VÄDERSTAD
AMAZONE
INTERAT ZRT. MEZŐGAZDASÁGI GÉPCENTRUM
McHale
DERALAND KFT.
Valkon
α-GÉP
OG OPTIGÉP
MAGTÁR
SOKORÓ IPARI ÉS KERESKEDELMI KFT
BELARUS TRAKTOR
AXIÁL
SZEGÁNA
SZENT ISTVÁN EGYETEM GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR • GÖDÖLLŐ www.gepeszmernok.hu
AGROWOLF Kft.
AGRO-BÉKÉS
M.C.I. Kft.
KITE Kft.
Fliegl
Két-KATA Kft.

CIRCULAR ECONOMY – FÓKUSZBAN A MEGÚJULÓ ENERGIA

Konferencia és kerekasztal

PLENÁRIS SZEKCIÓ

Köszöntő: Prof. Dr. Helyes Lajos, SZIE tudományos rektorhelyettese, EDHT elnöke

A körkörös gazdasági koncepció agrár- és közgazdasági megközelítései
Prof. Dr. Németh Tamás akadémikus (MTA IV. osztályelnök)
Prof. Dr. Bélyácz Iván akadémikus (MTA IX. osztályelnök)

A megújuló energiatermelés zárt rendszereinek jellemzői
Prof. Dr. Tóth László egyetemi tanár (Szent István Egyetem GK)

A fenntartható energetikai célú biomasszatermelés távlatai
Prof. Dr. Gyuricza Csaba főigazgató (NAIK)

Körkörös rendszerek tervezése életciklus elemzéssel
Prof. Dr. Szita Klára egyetemi tanár (Miskolci Egyetem)

PANELBESZÉLGETÉS

„Circular Economy": fenntartható ipari rendszerek és gazdasági aspektusok

Vitavezető: Dr. Fogarassy Csaba egyetemi docens (Szent István Egyetem KEKK)
Partnerek: Ádám János (Bóly Zrt.) – Egyed László (Fino-Food) –Kovács Péter (EU-FIRE Kft.) Molnár István (Agrár-Béta Kft.) – Reng Zoltán (Hungrana Kft.)

TEMATIKUS SZEKCIÓK – KEREKASZTALOK

A szekció – MEGÚJULÓ ENERGIA RENDSZEREK

NAPERŐMŰVEK FENNTARTHATÓ TERVEZÉSE – „ZERO WASTE" MEGOLDÁSOK
Pusztai Tamás képviselő, Reg Zrt.

DECENTRALIZÁLT BIOMASSZA FELHASZNÁLÁS (pirolízis a gyakorlatban)
Madár Viktor – Dr. Schrempf Norbert egyetemi docens, SZIE GK

„MINDENEVŐ BIOGÁZÜZEM" – TATAI BIOGÁZ PROGRAM
Dr. Bártfai Zoltán egyetemi docens – Dr. Hartdégen Gergely – AVE Tatabánya Kft. - ügyvezető igazgató

ELEKTROMOS HAJTÁSOK – LEHETŐSÉGEK ÉS REALITÁSOK
Prof. Dr. Tóth László egyetemi tanár, Szent István Egyetem Klímatanács

B szekció – ÉLELMISZERTERMELÉS ÉS FOGYASZTÁS

KÖZÉTKEZTETÉS HULLADÉKMENTESEN – „ZERO WASTE" MEGOLDÁSOK
Dr. Bittsánszky András – Tóth András – Dr. Illés B. Csaba, InDeRe Élelmezéskutató és Innovációs Intézet Nonprofit Kft.

A TEJTERMELÉS INPUT ÉS OUTPUT RENDSZEREI (hulladékáramok a termelésben)
Dr. Orosz Szilvia – Dr. Ozsvári László egyetemi docens, AT Kft./ATE Budapest

ÉLETCIKLUS ELEMZÉS ÉS HULLADÉK-KÖRFORGÁS
István Zsolt – Bodnárné Sándor Renáta, Bay Zoltán Kutatási Kft., Miskolc

„CIRCULAR BRANDING" - KÖRKÖRÖS MÁRKAJELEK BEVEZETÉSE (A VALÓDI MEGKÜLÖNBÖZTETÉS)
Bakosné Dr. Böröcz Mária – Horváth Bálint, SZIE Klímagazdasági Elemző- és Kutatóközpont

A konferenciaprogram margójára

Circular economy: fókuszban a megújuló energia

A cirkuláris gazdaság elve olyan gazdasági modellt ír le, amely úgynevezett globális modellként szétválasztja a növekedést és a fejlődést a fogyasztási rendszereket, a véges erőforrásainak figyelembevételével.

A lineáris gazdasági modellek segítenek leküzdeni a különböző javak, élelmiszerek hiányából adódó gazdasági növekedési szükségleteket, mivel gyorsan, nagy mennyiségű termék előállítását tudják biztosítani (pl. ilyen helyzetben volt a világgazdaság a háború után). A telitett piacokon azonban a lineáris gazdasági megoldások csak még nagyobb egyensúlytalanságot okoznak, amelyek az erőforrások lokális szintű megőrzését, fenntartását nem tudják biztosítani.

A körkörös gazdasági megoldások sajátossága, hogy a képes a gazdasági célrendszereket abban az esetben is összehangolni, ha azok között nagyobb fejlődésbeli eltéréseket tapasztalunk. Ez nagyon fontos vezérlőelv lehet az Uniós országok fejlődése tekintetében, mert az elmúlt időszak gazdaságpolitikai eseményei világosan rámutattak arra, hogy a volt szocialista országok esetében az EU-s klímacélokhoz meghatározott indikátorokat, vagy gazdaságpolitikai szabályozó eszközöket nem lehet megfelelően érvényesíteni. A cirkuláris gazdasági modellek alkalmazása, az egyes építőelemek működésének karakterisztikája is eltérő lesz a fejlett és fejlődésben lévő országokban. Egyszerű példa erre a körkörös gazdasági rendszerek alapeleme, az 'Elutasítás (Refuse)', amely esetében a fogyasztók elutasítják a vásárlást. A cirkuláris gazdaság másik reprezentatív modellje 'Javítás(Repair), a helyreállítás (Refurbish), az újragyártás (Remanufacture)'vonal, amelyek ellentétet képviselnek a XXI. századi fogyasztói társadalom egyik jelmondatával: „Azt javaslom, inkább vegyen újat, olcsóbb, mint ezt megjavítani". A társadalom akkor kezdett feleszmélni a jelenség mögötti szándékosságra, amikor a korábban könnyen javítható termékekre is jellemző lett a jelmondat. A körkörös gazdaság ennek orvoslására hozta létre a 'circular design' fogalmát. Lényege, hogy a gyártók ne csak a korábban már bemutatott tartós élettartamról gondoskodjanak, de segítsék a fogyasztót annak kitolásában is.

A 2017.04.28-án, Gödöllőn a Circular Economy: Fókuszban a megújuló energia konferencia keretében az élelmiszertermelés és megújuló energiatermelés lineáris és cirkuláris rendszereit tekinthették át a résztvevők, az akadémia jeles képviselőinek és az agrárpiac meghatározó szereplőinek közreműködésével. A plenáris szekció tudományos programjának szervezésében a Szent István Egyetem Gazdálkodás és Szervezéstudományi Doktori Iskolája, a panelbeszélgetések, piaci értelmezések programrészben a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) vállalt főszerepet.

A tudományos előadások, a kerekasztal beszélgetés piaci visszacsatolásai, valamint az élelmiszer és energia szekciókban lezajló szakmai prezentációk és viták jó alapot adtak a témakörhöz kapcsolódó szakmai kiadvány megjelentetéséhez. Jelen különszám a konferenciaprogram érdekesebb előadásait foglalja egy csokorba a Mezőgazdasági Technika olvasói számára!

TARTALOM

A körkörös (cirkuláris) gazdasági koncepció Agrár megközelítése
Dr. Németh Tamás akadémikus 2

Elektromos hajtások, lehetőségek és realitások
Dr. Tóth László – Dr. Schrempf Norbert 5

Életciklus vizsgálatok a körforgásos gazdaság támogatására
Dr. Tóthné Szita Klára 10

A körkörös gazdasági rendszerfejlesztések vizsgálata a tejszektorban – holland és magyar termelési rendszerek fejlesztési opciói
Dr. Fogarassy Csaba – Dr. Orosz Szilvia – Dr. Ozsvári László 12

Élelmiszertermelés és fogyasztás a körkörös gazdaságban – mi is számít valóban élelmiszerpazarlásnak?
Horváth Bálint – Bartha Ákos – Bakos Izabella Mária – Bakosné Dr. Böröcz Mária 22

Megújuló energiatermelés rendszereinek jellemzése
Dr. Tóth László – Bácskai István 26

Biogázüzemben alkalmazott szilárdanyag-aprító berendezés kopási tulajdonságainak javítása
Dr. Bártfai Zoltán – Blahunka Zoltán – Bácskai István – Hartdégen Gergely 32

MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA

LANDTECHNIK

AGRICULTURAL ENGINEERING

Tudományos, műszaki-fejlesztési és kereskedelmi folyóirat

Főszerkesztő:
Dr. Tóth László

Főszerkesztő-helyettes:
Pálinkás Gábor

Korrektor:
Richterné Rubes Zsuzsanna

Szerkesztőbizottság:
Dr. Szendrő Péter elnök
Antos Gábor
Dr. Beke János
Dr. Fenyvesi László
Dr. Hajdú József
Harsányi Zsolt
Dr. Horváth Béla
Dr. Keszthelyi-Szabó Gábor
Pálinkás Gábor
Dr. Szabó István
Dr. Tóth László

Szerkesztőség:
2100 Gödöllő, Tessedik S.u.4.
Telefon: (28) 511 662, 511 678
E-mail: mgitech@hu.inter.net
www.mgitech.hu

Felelős kiadó:
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid ügyv. igazgató

Kiadó:
NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet
Dr. Gulyás Zoltán intézetigazgató

Előfizetésben terjeszti a
Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága
1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető
valamennyi postán,
E-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu
További információ: 06 (80) 444-444

Előfizetési díj 1 évre: 3600 Ft

A hirdetéseket közvetlenül a szerkesztőséghez kérjük beküldeni.

Nyomda:
Mátyus Bt. – Dabas
Nyomdavezető: Mátyus Gyula

Index: 25 569
HU ISSN 0026 1890

*A Mezőgazdasági Technika a **MEGOSZ** írottmédia-partnere.*

A körkörös (cirkuláris) gazdasági koncepció Agrár megközelítése

Prof. Dr. Németh Tamás akadémikus

Kaposvári Egyetem/MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Bevezetés

Minden társadalom deklarált célkitűzése, hogy tagjainak megfelelő életkörülményeket biztosítson. Más kérdés, hogy ezt hol, mikor, milyen mértékig és milyen feltételek között képes megvalósítani, miképpen tudja a célhoz vezető út feladatait világosan, egyértelmű, vonzó és reális koncepciókban, programokban megfogalmazni, s azok megvalósítására mennyire képes a társadalmat mozgósítani. Az emberi élet minőségének jellemzőit illetően a különböző társadalmak tagjainak véleménye emberi karakterüktől, a természeti és gazdasági viszonyoktól, szociális körülményektől, történelmi hagyományoktól, egyéni és csoportérdekektől függően nagymértékben különbözik, s időben is jelentősen változik. Az élet minőségének jellemzőit három tényező határozza meg alapvetően. Ez a három tényező (Németh – Várallyay, 2016):

– a megfelelő mennyiségű, egészséges élelmiszer,
– a jó minőségű, tiszta víz, és
– a kellemes környezet.

Mind a három tényezőt befolyásolja a talaj- és vízkészleteink megbecsülése, ésszerű és fenntartható használata, mivel megóvása az életminőség javításának egyik feltétele, ami össztársadalmi érdek! Az össztársadalmi érdek prioritásán keresztül fogalmazódnak meg a stratégiaalkotás jellegének és karakterisztikájának legfontosabb jellemzői. Egy fenntartható természeti erőforrás hasznosítási stratégia és koncepció kidolgozásánál olyan kérdésekre kell tudományosan megalapozott és társadalmilag elfogadható válaszokat, válasz-alternatívákat kidolgozni, mint:

– hogy mely területeket (hol, mekkora, milyen területeket)
– milyen célra lehet, ésszerű, célszerű, indokolt vagy kell hasznosítani, s ez
– hogyan (milyen módszerekkel, milyen áron, milyen haszonnal, milyen következményekkel vagy áldozatokkal) lehetséges.

Paradigmaváltás alrendszerei

A rendszermodellek kialakítása csak megfelelő tudományos igényességgel történhet, és a paradigmaváltást kell végrehajtanunk a következő területeken a modellalkotás során:

– Oktatásban
– Kutatásban
– Nevelésben
– Tudatformálásban
– Szaktanácsadásban
– Innovációban

Az egyes rendszerek fejlesztése során a tudományos összefüggések, a megfelelő tudományos alapok kidolgozása nélkül fenntarthatatlan nem fejleszthetők az egyes rendszerelemek. A tudományos igény megjelenésével egyre nagyobb szerepe lesz a kutatásnak és a tudományos oktatómunkának. Annak érdekében, hogy legyen fenntartható alternatíva, meghatározható legyen a gazdaság és társadalom fejlődési iránya, olyan jól definiálható modellekre, átlátható rendszerekre van szükség, melyek minden vonatkozásukban jól érthetők és mérhetők.

A jelenleg népszerű megújuló energiatermelés tekintetében is alapos revízióra van szükség annak érdekében, hogy elkerüljük a káros rendszerstruktúrákat, kedvezőtlen fejlődési utakat. A nagyon nagy népszerűségnek örvendő és fenntarthatónak tekinthető biogáz termelés sok olyan csapdát rejt, melyek előfordulása esetében, a zöld biogáz rendszerek több kárt okozhatnak, mint amekkora környezeti előnyünk származik működésükből.

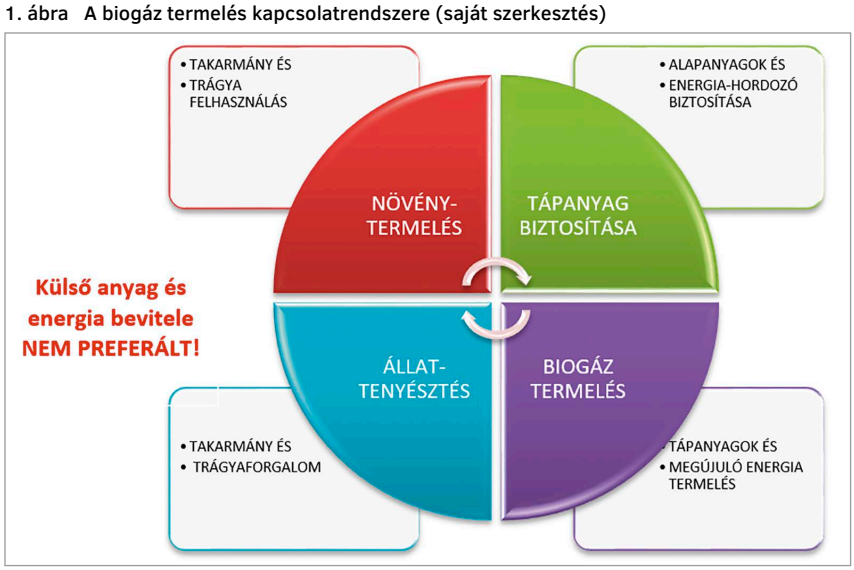
Nagyon fontos, ha sok külső energiát és tápanyagot használunk fel, akkor a rendszerek egyre fenntarthatatlanabbá válnak! A biogáz üzemek kiváló modellek arra, hogy fenntartható és fenntarthatatlan struktúrákat nyomon kövessük rajtuk keresztül (1. ábra).

A biogáz termelés elsősorban a növénytermelés és állattenyésztés melléktermékeire, fölös kibocsájtásainak feldolgozására épülve szolgálja a fenntarthatóságot. Akkor tekinthető a megújuló energiatermelés alaprendszerének, ha olyan felhasználási környezetből tápláljuk a működését, mely a *növény – állat – termék – tápanyag – növény* felhasználási cikluson keresztül működhet folyamatosan külső energia és tápanyagok bevitele nélkül. Abban az esetben, ha a rendszer külső erőforrásokra támaszkodik a működtetés során, akkor abból vízszennyezés, talajszennyezés, szennyezett élelmiszer, nagy mennyiségű szerves hulladék keletkezhet.

A hulladékmentes, zárt ciklusú rendszerek működési feltételeit ki kell alakítani és következő területeken fokozott figyelemmel kell követni a rendszerek működésének peremfeltételeit:

– trágyák, trágyafélék szabályozásának szigorítása, a termelés újraszabályozása, amivel a tápanyagok újrahasznosításának szintje növelhető lesz,
– vízhasználat és újrahasználat, öntözés rendszereinek körkörösítése, a cirkulációk megteremtése a használati rendszerekben,

1. ábra A biogáz termelés kapcsolatrendszere (saját szerkesztés)



– élelmiszer hulladék elkerülése, a hulladékok keletkezésének megszüntetése pontos tervezéssel az előállításban és felhasználásban.

A fenntartható mezőgazdasági termelésben ugyanolyan fontos szerepe van a műszaki megoldások megfelelő kialakításának, mint a fenntartható biológiai alapok, vagy biológiai ciklusok bevezetésének (Szaky, 2014). Az elmúlt években népszerűvé vált „smart" vagy okos rendszerek számos olyan megoldást kínálnak a gyakorlatban, amelyek segítségével a tápanyag-felhasználás mennyisége, a szükséges ismeretek, információk azonnali és gyors felhasználása segítheti a szennyezés mentes termelési programok megvalósítását. A „smart" gépesítés vagy okos géphasználat alapelvei a következő területeken lehetnek hatékonyak:

– cirkuláris terméktervezés preferálása, amely például nem okoz talajtömörödés a megfelelő célgépek használata miatt,
– megfelelő fajták kiválasztása, amelyek esetében a művelés vagy betakarítás során minimális biomassza veszteséggel számolhatunk,
– okos rendszerek bevezetése, amelyek az internetes kapcsolat révén, az erőforrások megfelelő használatát és utánpótlását pontosan tudják kontrollálni,
– hosszú élettartamú és javítható mezőgazdasági eszközök használatának preferálása a termelésben elsődleges cél legyen a gépfejlesztések során,
– magas minőségi szerviz háttér elérése és folyamatos biztosítása a lokális termelési és szolgáltatási rendszerek keretében valósuljon meg,
– a gépek kölcsönzése, szolgáltatások igénybevételének preferenciája a hagyományos tulajdonosi szemlélet helyett, gépek közös használata,
– a holosztikus szemlélet általánossá válásával a termeléshez kapcsolódó céloknak követni kell más termékek előállítási preferenciáit.

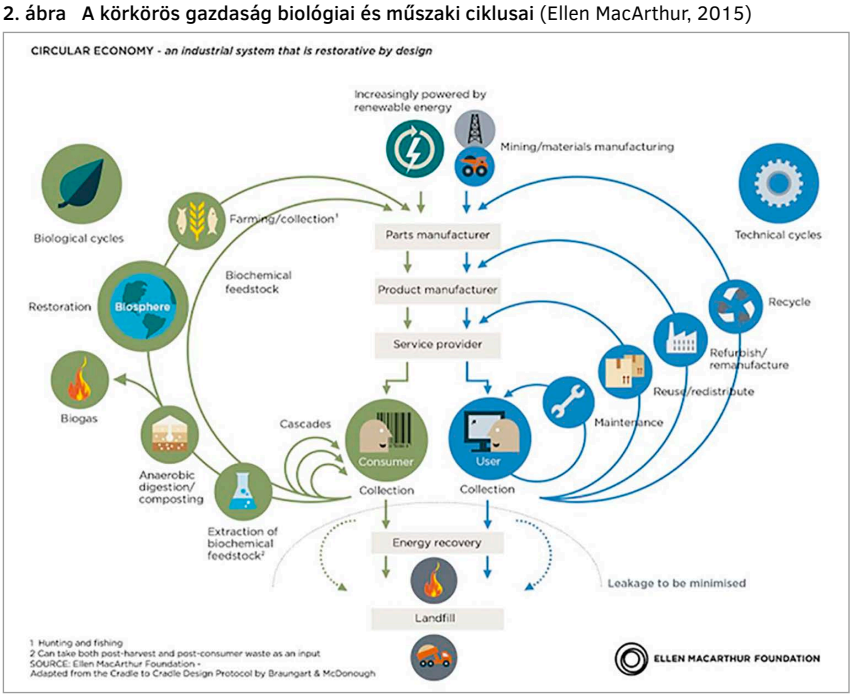
A biológiai és műszaki vagy technológiai ciklusok tehát egymással összekapcsolódnak az agrártermelés során, melynek szemléltetésére kiválóan alkalmas a „circular economy" értelmezésére is használt alap ábra (2. ábra).

Az 2. ábra jól szemlélteti, hogy a termelés műszaki folyamatai milyen módon rendezhetők zárt ciklusokban, melyek során az anyag és energiafelhasználás input és output oldalai is jól kontrolálhatóvá válnak. A biológiai ciklusok, körfolyamatok esetében egyértelmű, hogy csak akkor válnak hosszú távon fenntarthatóvá a biomassza termelés alaprendszerei, ha nem kapnak olyan mennyiségű „külső" inputot, műtrágyát, növényvédőszert, mint a jelenlegi lineáris termelési gyakorlatban. A „kinyer-legyárt-fogyaszt-ártalmatlanít" vagy még rövidebben „kitermel-gyárt-eldob" elven alapuló termelési stratégia rendkívül magas input igénnyel, magas outputokkal és nagymennyiségű hulladékkal (szennyezéssel), felesleggel termel, méghozzá aránytalanul és gazdasági egyensúlytalanságot okozva (3. ábra). A lineáris termelési rendszereknek az átalakítása társadalmi, gazdasági és környezeti érdekünk egyaránt (Benton, 2016; EC, 2015).

A cirkuláris gazdasági koncepció minimális vagy zéró hulladéktermeléssel és erőforrás felhasználással forgatja vissza a megtermelt termékeket életciklusuk végén, ugyanakkor lehetőséget kínál a gazdasági fejlődés folytatására, a jóléti mutatók folyamatos növelésére. A cirkuláris gazdasági koncepcióban választható szét (decoupling hatás) egymástól a GDP növekedésének és szennyezéskibocsátásnak korábban együtt mozgó karakterisztikája.

A 4. ábra jól szemlélteti, hogy a gazdasági aktivitás megtartása mellett is lehet csökkenteni az erőforrások felhasználásnak volumenét és a szennyezéskibocsátás mértékét. Ez a rendszertulajdonság nagyon fontos a fejlődő országok tekintetében, mivel ezekben az országokban a gazdasági és társadalmi felzárkózás elengedhetetlen feltétele a termelés gyors bővülése, de nem mindegy, hogy ez a folyamat minként megy végbe. Az élelmiszertermelés esetében elengedhetetlen, hogy ne a cirkuláris gazdasági alapelvek mentén alakuljanak ki a rendszermodellek, mert ellenkező esetben a mesterséges erőforrások aránytalan felhasználása – a globalizált piac révén – élhetetlen környezeti feltételeket teremt ezekben a gazdasági régiókban.

2. ábra A körkörös gazdaság biológiai és műszaki ciklusai (Ellen MacArthur, 2015)



Következtetések

• A fenntartható természeti erőforrás hasznosítási stratégia és koncepció kidolgozásánál olyan kérdésekre kell tudományosan megalapozott és társadalmilag elfogadható válaszokat, válasz-alternatívákat kidolgozni, amely a piaci szereplők számára jól érthetők.

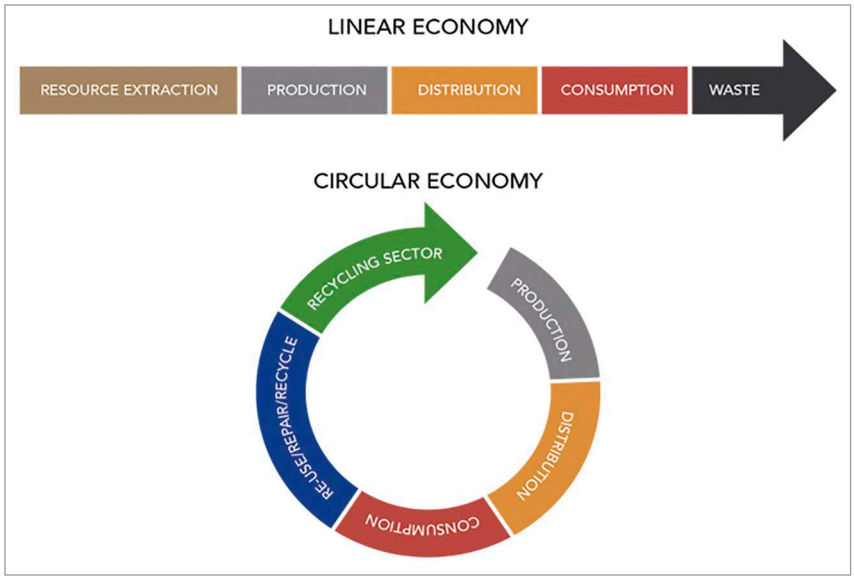
• A jelenleg népszerű megújuló energiatermelés tekintetében is alapos revízióra van szükség annak érdekében, hogy elkerüljük a káros rendszerstruktúrákat, kedvezőtlen fejlődési utakat. A sok esetben lineáris megújuló energiatermelés folyamatai alapos revízió alá kell vetni, és pl. életciklus elemzéssel beállítani körkörös zárt rendszerfolyamatokat az egyes termelési rendszerekben.

• A fenntartható mezőgazdasági termelésben ugyanolyan fontos szerepe van a műszaki megoldások megfelelő kialakításának, mint a fenntartható biológiai alapok, vagy biológiai ciklusok bevezetésének. Ezeket a

rendszereket alkalmazni kell a fejlődő országokban is, mert sok esetben ezek a rendszerek jelentik a kontrollt a tisztább termelés bevezetésnek folyamatában.

• A biológiai és technológiai ciklusok egymással összekapcsolódnak az agrártermelés során, melynek megértésére és szemléltetésére kiválóan alkalmas a „circular economy" koncepció. A lineáris termelési rendszereknek redukálása és átalakítása társadalmi, gazdasági és környezeti érdekünk egyaránt.

• A cirkuláris gazdasági koncepció minimális vagy zéró hulladéktermeléssel és erőforrás felhasználással forgatja vissza a megtermelt termékeket életciklusuk végén, ugyanakkor lehetőséget kínál a gazdasági fejlődés folytatására, a jóléti mutatók folyamatos növelésére, amely kifejezetten fontos szempont a fejlődő országok esetében. A fejlődő országoknál ezért a „business modell innováció" megvalósításának (vagyis a megfelelő üzleti modellek kialkításának) ugyanakkora szerepe van a fenntartható fejlődésben, mint technológiai innovációs programoknak.



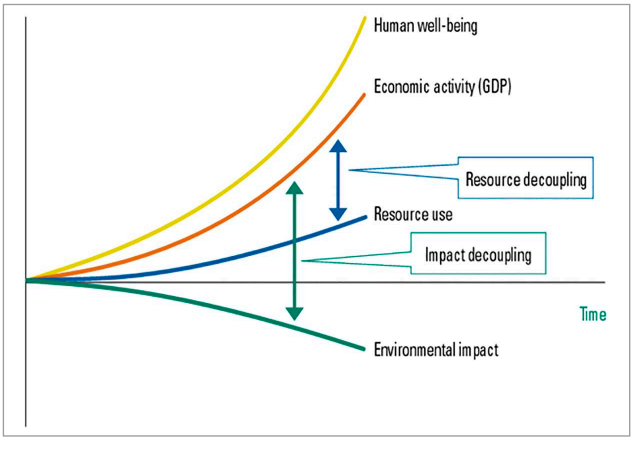
3. ábra Lineáris vs. cirkuláris gazdasági folyamatok összehasonlítása (Fogarassy et al, 2016)

Felhasznált irodalom

[1] Benton D., Hazel J., Hill J. (2016): The Guide to the Circular Economy. Greenleaf Publishing Limited, UK, 2014 pp. 25-40

[2] Ellen MacArthur Foundation Riport (2015): Towards the Circular Economy. Business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation Publisher, pp. 6-18 Link: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf pp. 22-27

4. ábra A gazdasági növekedés és környezeti hatások változása (Unep, 2011, http://synapse9.com/issues/images/UNEP_decoupling.jpg)



[3] Ellen MacArthur Foundation Team (2014): Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. World Economic Forum Report, 2014 Link: http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

[4] European Comission (EC) (2015): Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. Link: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614

[5] Fogarassy C., Orosz S., Ozsvári L. (2016): Evaluating system development options in circular economies for the milk sector – development options for production systems in the Netherlands and Hungary. Hungarian Agricultral Engineering. No 30/2016 Online First online: http://www.hae-journals.org/onlinefirst/09.pdf pp. 10-17

[6] Fogarassy Cs., Bakosné Böröcz M. (2016): A körkörös gazdasági rendszerfejlesztések vizsgálata benchmarking módszerrel. XI. Életciklus-elemzési (LCA) Szakmai Konferencia, Budapest, 2016.11.22-23. http://www.lcacenter.hu/rendezvenyek-konferenciak/lezarult/45-xi-eletciklus-elemzesi-lca-szakmai-konferencia

[7] Németh, T., Várallyay, G (2016): A természeti erőforrások fenntarthatósága. Mi van, ha nincs? GAZDÁLKODÁS 59:(3) pp. 201-219.

[8] Stahel W. R. (2006): The Performance Economy. Palgrave Macmillan Publisher, pp. 349.

[9] Tom Szaky (2014): Hulladék – Tudatosan. Egy korszakalkotó ötlet, avagy hogyan gondolkodjunk másként a szemétről. Unio Mystica Könyvkiadó, Budapest, pp. 126-144

[10] Unep (2011): Decoupling of Natural Resource Use and Enviromental Impacts from Economic Growts http://synapse9.com/issues/images/UNEP_decoupling.jpg)

[11] Webster, K. (2015): The circular economy. A wealth of flows. Ellen MacArthur Foundation Publishing, UK London, pp. 104-110

Elektromos hajtások, lehetőségek és realitások

Dr. Tóth László – Dr. Schrempf Norbert

Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Előszó

Mit is jelent az **E- mobilitás** széles körű elterjedése? Nem csupán azt, hogy az autóban a belső égésű motort villanymotor helyettesíti, de még azt sem, hogy a jármű konstrukciója változik, hanem lényegében az egész gazdasági struktúrák is jelentős változáson mennek át.

Ennek révén új iparágak keletkeznek, új képzéseket kell indítani, az ipari fejlesztések területén megváltoznak az egyes szakmák súlyai stb.

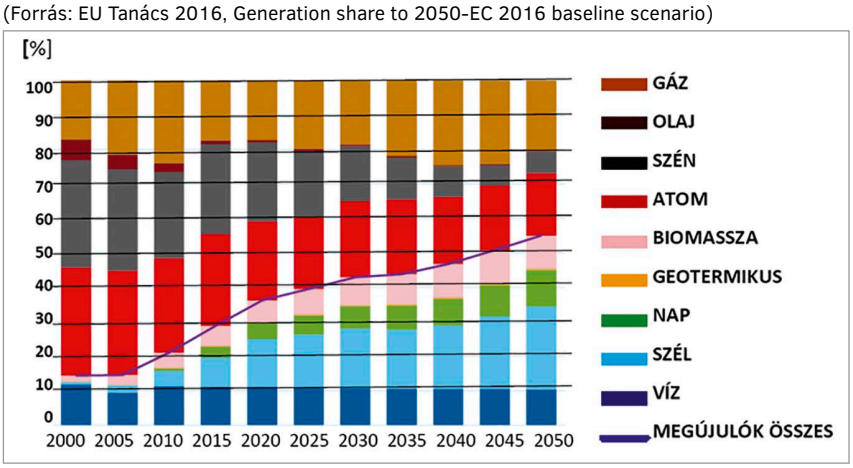
A környezetkímélő e-mobilitás eléréséhez elsődleges feladat a szénhidrogén alapú villamos energiatermelés leállítása és a megújuló energia rendszerek fejlesztése. A CO_2 kibocsátás elkerülését az atomenergia is elősegíti. Már láthatóan szemtanúi, tapasztalói vagyunk annak, hogy az európai villamos energia előállítása módosul, elsősorban a megújuló energiák irányába. Ez a trend jelenik meg az Európai Tanács 2016. évi felmérésében is a 2050- es évekre. Ezt szemlélteti 4. ábra, miszerint a különféle energiaforrásokból előállított villamos energia aránya a 2050-es évekre hozzávetőlegesen az 55 - 60 százalékot is eléri (1. ábra).

Legnagyobb mértékben a nap és a szélenergia növekszik, de növekedés tapasztalható a biomassza és a geotermikus energia területén is. E folyamatot részletesebben szemlélteti és erősíti meg a 2. ábra, amely az Európai Unióban a villamos energia évenkénti beruházások ütemét összegezi. Az ábrából látható, hogy az előzőkhöz hasonló a bemutatott és prognosztizált tendenciákhoz hasonlóan tényszámok alapján is a legnagyobb mértékű beruházást a nap és a szélenergia jelentette és jelenti napjainkban is.

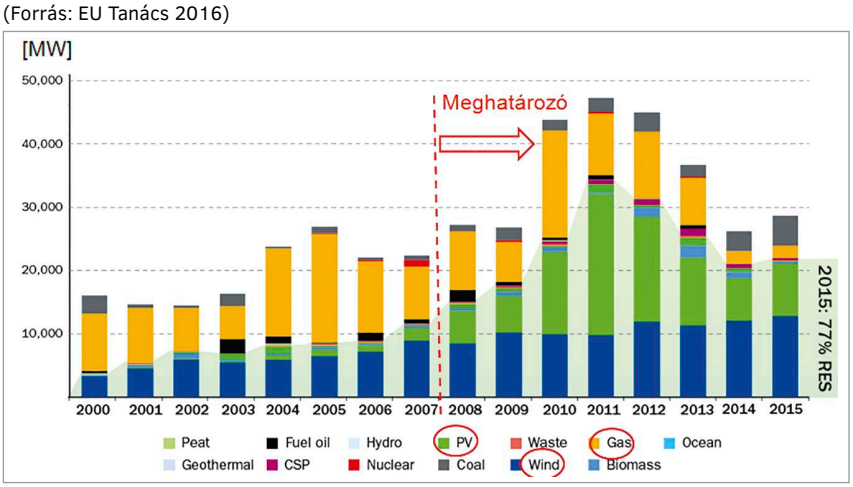
Ha kiemeljük a 2015. évet (3 ábra), akkor azt látjuk, hogy az Európai Unióban az összes villamos energetikai beruházás 44 %-át a szél adta és ~30% körüli értéket ért el a napenergia. Kis mértékben ismét előre tört a szén felhasználása, köszönhetően annak, hogy olyan technológiák állnak rendelkezésre, amelyeknél a káros anyag kibocsátásokat jelentős mértékben csökkenthetők.

Magyarország helyzete a hazai erőművek összetétele szempontjából a villamos hajtás tekintetében kedvező. Az összes rendelkezésre álló kapacitás 2015-ben mintegy 8500 MW volt, melyből 2100 MW kapacitást az atomenergia jelentette. A fosszilis energiahordozók közül kapacitást tekintve kiemelkedő a gázfelhasználás, viszont stabilan a hazánk második legnagyobb alaperőműve a Gyöngyös-visontai lignites alaperőmű, amelynek a kibocsátása meglehetősen magas. Az alapanyag árak jelentős változása következtében és a meglehetősen idősödő NYUGAT EURÓPAI energia potenciálok révén, az európai forrásokból egyre olcsóbban lehet villamos energiát vásárolni. Tehát a hazai erőművek drágábban termelnek, ezért is az importunk villamos energiából mintegy 30%-al növekedett (4. és 5. ábrák), sőt a korszerűbb gázerőműi kapacitásunk sincs kihasználva.

1. ábra A villamos energia előállítás %-os aránya az EU-ban 20050-ig
(Forrás: EU Tanács 2016, Generation share to 2050-EC 2016 baseline scenario)



2. ábra A villamos energia évenkénti beruházások összetétele az EU-ban (MW)
(Forrás: EU Tanács 2016)



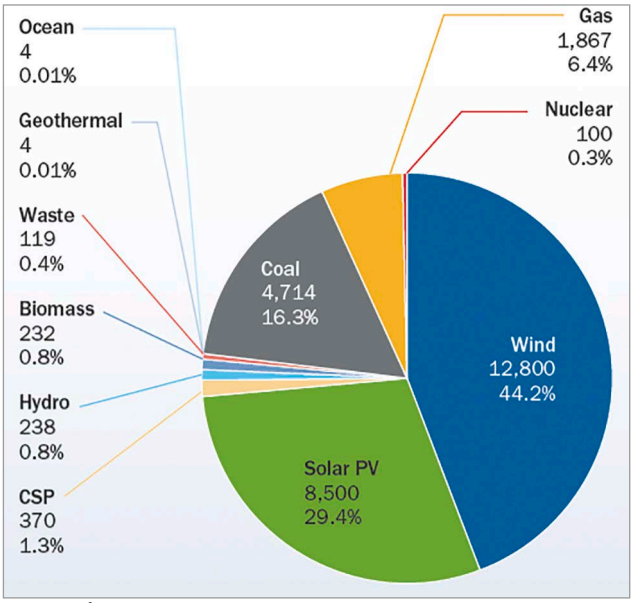
A villamos hajtások

Hosszú távon a szakemberek véleménye szerint az elektromos járműhajtásnak nincs alternatívája. Alapvetően két különböző megoldással foglalkozik a világ:

- az akkumulátoros rendszer, az úgynevezett plug-in hajtás,
- az üzemanyagcellás hajtási megoldások.

A kettő abban különbözik, hogy az energia, ill. energiahordozó a jármű működése során milyen formában van eltárolva.

A plug-in hajtásnál az energia az akkumulátorokban van betárolva kémiai formában, míg az üzemanyag cellás hajtású autóknál üzemanyag tankokban (hidrogén vagy egyéb anyagok, pl. metanol.) A hidrogénhajtás mellett megjelenik az úgynevezett metanolos megoldás is köszönhetően Oláh György magyar Nobel-díjasnak, aki a metanol előállításában ért el világszerte elismert eredményeket). Beszélhetünk még



3. ábra Új villamos erőmű létesítések az EU-ban 2015-ben (összesen: 28 948.- MW) (Forrás: 2015 European Statistics)

a hibrid hajtásról, amely átmenetet képez, de semmi képen sem tekinthető a jövő hajtási megoldásának.

A kialakuló, nyerő rendszereket a elsősorban az infrastruktúra kiépítésének költsége dönti el. Az üzemanyag előállítása legelőnyösebb, ha megújuló energiákból történik, hiszen a fosszilis energiahordozókból előállított villamos energia kibocsátása globálisan továbbra sem változik, fennmarad. Egy város vonatkozásában előnyös lehet a plug-in hajtás, hiszen a városon belül nem keletkezik CO_2 kibocsátás, helyette továbbra is az távolabbi erőművek környezetében, tehát e megoldás globálisan nem, csupán lokálisan mentesít a környezetkárosító anyagok kibocsátásától. A megújuló energiából napból, szélből nyert villamos energiának nincsen kibocsátása, éppen ezért mind lokálisan, mind globálisan például CO_2 kiváltást eredményez (6. ábra).

Az ábrából is látható, hogy mindkét rendszernél ki kell építeni az infrastruktúrát. A plug-in akkumulátoros hajtás esetében a villamos töltőállomásokat. Ezek egy adott településen, városon belül viszonylag egyszerűbben megoldhatók, de nagyobb távolságú közlekedésnél már igen jelentős ráfordításokat igényel, hiszen a töltési helyekhez ki kell építeni a villamoshálózatot, mégpedig nagy teljesítménnyel, ha rövid töltési idő kívánatos, vagy az egy időben több jármű tölthetősége miatt. Ezzel már mindenféleképpen igen jelentős beruházási igény (7. és a 8. ábra).

A plug-in hajtás egyszerűsített változatát szemlélteti a 9. és a 10. ábra.

A hidrogén előállítása az üzemanyagcellákhoz legegyszerűbben vízbontással valósítható meg. Ezen un. **SOF vagy PEMFC** rendszernek semmilyen környezetszennyező anyag kibocsátása nincsen. A hidrogén az üzemanyag cellákban (FC = Fuel Cell) vízzé alakul át, miközben villamos energia keletkezik. A víz újból felhasználható.

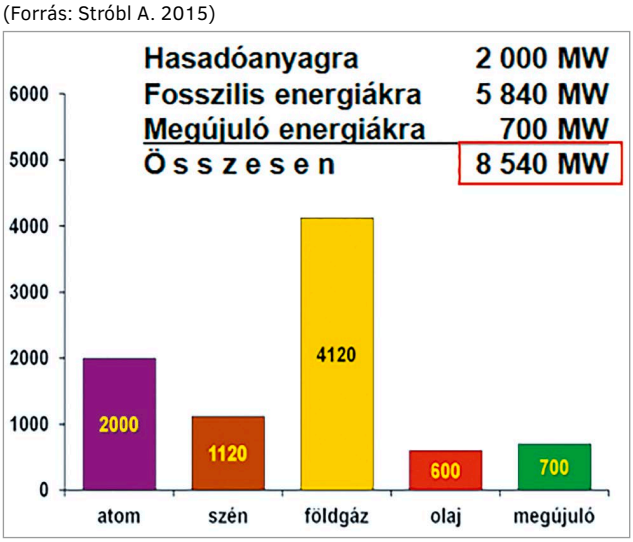
1. táblázat A berendezés jellemző adatai

Hidrogéntermelő kapacitás:	700 liter/óra
Maximális töltőnyomás:	350 bar
Napelemes tápellátórendszer teljesítménye:	5000 Wp
Elektrolizáló berendezés:	ITM Power HPAC-10
Puffertartály mérete:	500 liter@15 bar

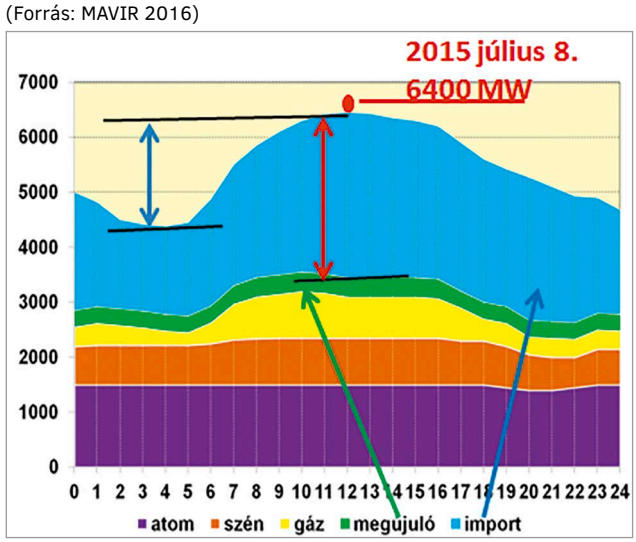
A hidrogén FC rendszerekhez elsősorban a töltő állomások átalakítása szükséges. A hidrogén szállítása hasonló módon (még nagyobb figyelemmel) valósítható meg, mint a jelenlegi üzemanyagoké (de csővezetékeken is szállítható). Mindkét megoldás infrastruktúrája jelentős beruházást igényel, ezért megfontolandó, hogy egy adott ország milyen irányban fejleszt. Ugyanez a dilemma tapasztalható a gyártóknál is. Az ázsiai gyártók fejlesztése inkább a hidrogén hajtású üzemanyagcellák irányában figyelhető meg (pl. TOYOTA MIRAI), míg az amerikai gyártók az akkumulátoros hajtásnál mutatnak nagyobb aktivitást (pl. TESLA MODEL S PERFORMANCE). Mindkét rendszernél jelentős fejlesztések vannak és valószínű az a gyártó nyer, aki mindkét rendszerrel foglalkozik és megfelelő időpontban készen áll a jelentős mértékű gyártása

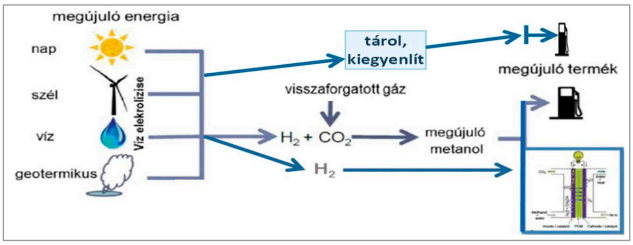
A töltés megvalósítható az említetteknek megfelelően utcai vagy távolsági tankoló állomásokon, de házi vonatkozásban is, hiszen hosszabb idő áll rendelkezésre a jármű üzemen kívüli állapotát tekintve úgy a töltés kisebb teljesítményekkel akár otthon például a garázsokban is megvalósítható, sőt lehetőség van a kis házi erőműből történő töltésre is. Az üzemanyagcellás megoldásoknál a cellák kialakítása soft és pen FC vonatkozásokban terjed, ezek közül az alacsonyabb hőmérsékletű cellák az előnyösebbek. Az egyszerűsített hajtási vázlatot, valamint a töltést a 12. ábra szemlélteti.

4. ábra A hazai erőműösszetétel 2015 év végén
(Forrás: Stróbl A. 2015)



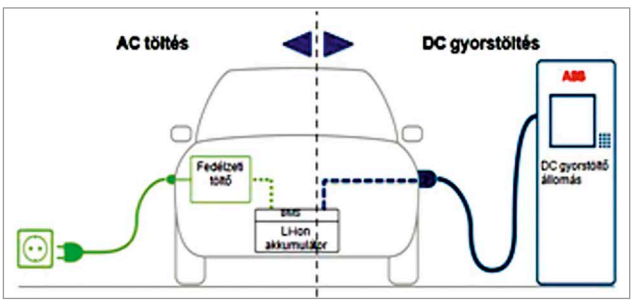
5. ábra A hazai maximális rendszerterhelés (Import 33%)
(Forrás: MAVIR 2016)



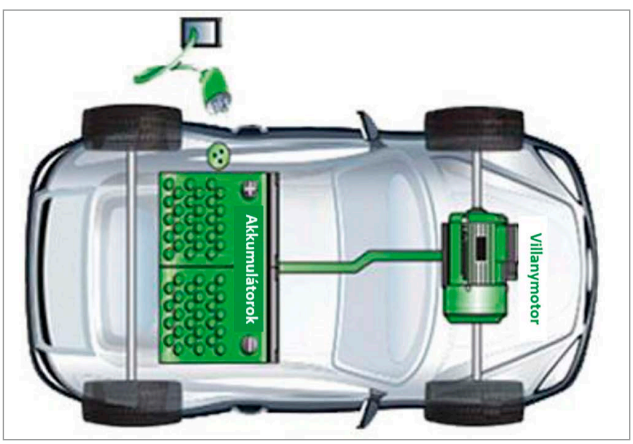


6. ábra A megújulók az E mobilitásnál és a környezeti fenntarthatósághoz kedvező feltételeket nyújtanak

7. ábra Plug in autók utcai töltőállomáson

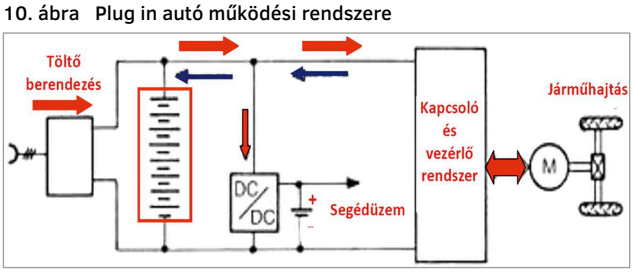


8. ábra Mindegyik változat kell, hogy rendelkezzen gyors és házi töltési lehetőséggel is



9. ábra Plug in autó felülnézetben

10. ábra Plug in autó működési rendszere



Sokan a hidrogén üzemanyagtól, mint robbanásveszélyes anyagtól tartózkodnak, azonban tudomásul kell venni, hogy a technika fejlődése révén a metán hibrid rendszereknél ezek a veszélyességi problémák megszűnnek. Nyilván a töltés jelentős figyelmet igényel nem nagyobbat, mint a villamos hajtásoknál, de a technikai rendszerek ma már a veszélyes üzemmódot kizárják. A fejlődés érdekében sokan összehasonlítják ma a plug-in és az üzemanyagcellás hajtást, ha ezt részleteiben megvizsgáljuk (2. és a 3. táblázatok), azt tapasztalhatjuk, hogy a hidrogén alapú üzemanyagcellás hajtás összességében olcsóbbnak tekinthető, mint az elektromos hajtás.

2. táblázat Lithium-ion battery (LiB hajtás)

Hatótáv (mile)	300	Megjegyzés
Energiaszükséglet (kWh/mile)	0,21	Pl.: BMW i3
Akkukapacitás (kWh)	84	95% eff, 80% DOD
Energiasűrűség (kWh/kg)	0,25- 0,35	adv. LiB
LiB tömeg (kg)	330	
LiB egységár (USD/kWh)	125	2020-ra becsült
LiB **ár** (HUF)	**3 000 000**	285HUF/USD

3. ábra Hidrogén alapú üzemanyagcella hajtás

Hatótáv (mile)	300	Megjegyzés
Hidrogénszükséglet (kg)	5	Pl.: Toyota Mirai
Hidrogéntartály tömege	87	
Teljes FC-rendszer tömege	198	
Hidrogéntart. egységár (USD/kgH_2)	560	US DoE cél, 500000db/év
FC-stack ár (USD/kW)	55	80kW FC
FC-rendszer **ár** (HUF)	**2 000 000**	285HUF/USD

Részben az akkumulátorok igen jelentős ára miatt és a 8-12 évenként szükséges cseréje, még a hidrogénhajtásnál alkalmazott üzemanyagcella mozgó alkatrészt nem tartalmaz, élettartama szinte végtelennek tekinthető, mivel egyetlen alkatrész sem vesz szervesen részt az átalakulási folyamatban. Meg kell jegyezni, hogy hidrogén földgázból és más fosszilis hordozókból is előállítható, ilyen például biogáz is. Azonban tudomásul kell venni, hogy ennek során a CO_2 kibocsátás elkerülhetetlen. Fontos tudni: a CO_2 kibocsátásban nincs különbség Plug-in-hajtás (akkumulátoros autó), vagy benzinmotor között, ha a villamos energia fosszilis tüzelőanyagból származik. Mindkettőnél 100 km utazásnál ~7,6 kg a CO_2 kibocsátás.

A bevezetőben említettük, hogy jelentős mértékben átalakul az ipar szerkezete is a villamos hajtás révén. Ezb az átalakulás gazdaságos-e, vagy csak a környezet megóvása az előny? A beruházás megtérülési rátája önmagában is meglehetősen kedvezőnek tekinthető, hiszen igen nagy részt képvisel a nemzetgazdaságban a közlekedésre fordított energia (~64 000 GWh/év).

Ha összehasonlítjuk csak a hajtási rendszert, akkor megállapíthatjuk, hogy a villamoshajtásnál az alkatrészek száma a villanymotorokat tekintve 16-20 alkatrészből áll, még egy dízel vagy benzinmotor esetén 1000-1500 alkatrészből tevődik össze (13. ábra).

A villamos hajtásnál a szakértelemmel szembeni igény is teljesen megváltozik, a munka mennyisége is mérséklődik, ezért a szakképzést inkább a villamoshajtású a vezérlések, a PC fejlesztések irányába kell folytatni.

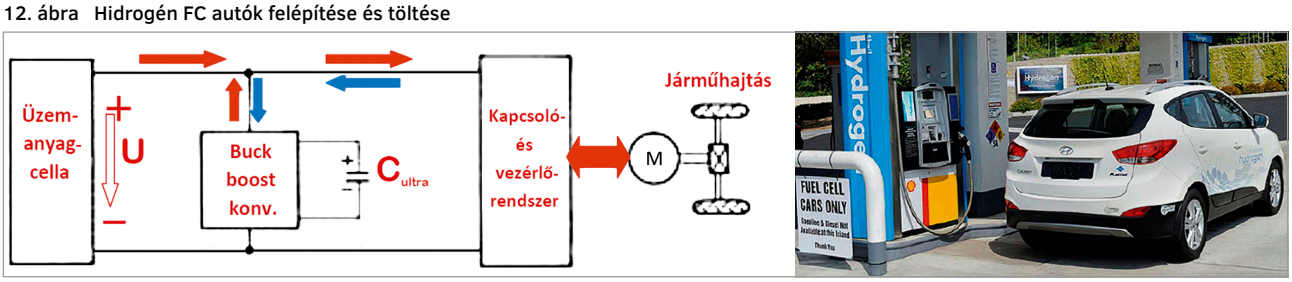
A villamoshajtás előnyére szolgál, hogy az EU tervek szerint az unió villamos energiaszállítási rendszer is jelentős mértékben fejlődik. Az eddigi villamos együttműködési rendszerek nem voltak kifejezetten fizikális tartalmúak, inkább virtuális összekapcsolásról beszélhettünk. Már több éve épülnek, de jelenleg még nagyobb intenzitással az igen jelentős villamos határkeresztező vezetékek. Ezzel a fizikálisan összekötött európai villamos rendszerből mindig

11. ábra Hazai fejlesztésű napelemes hidrogénelőállító és -töltő állomás (KONTAKT ELEKTRO Kft., Pécs)

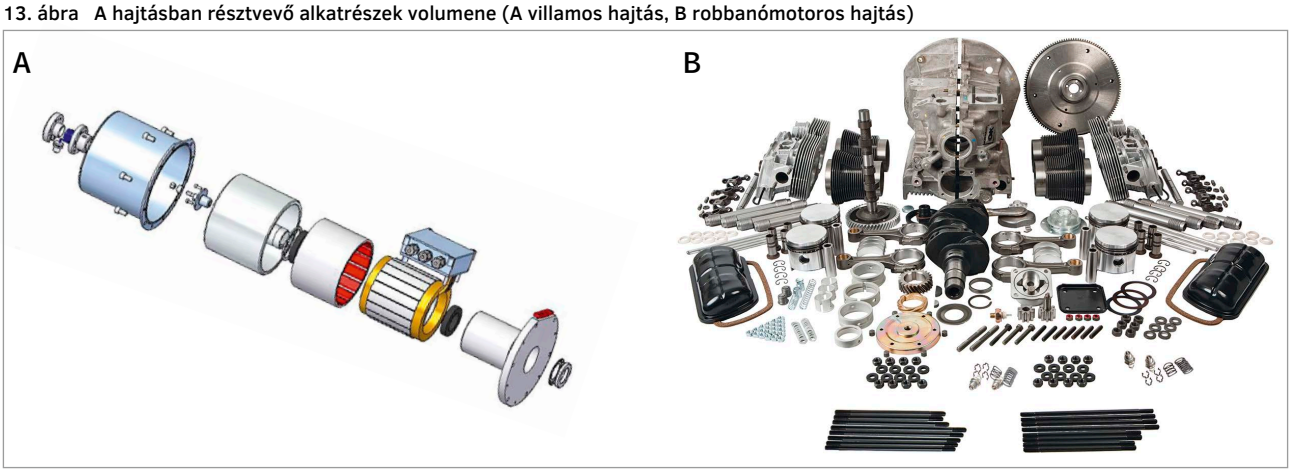
nyerhető olyan energia, amelynek nincs vagy, minimális a kibocsátása az egyre bővülő megújuló energia kapacitások révén. Ugyancsak jelentős fejlődés mutatkozik a megújulóknál az energiatárolás vonatkozásában is, hiszen bővülnek a szivattyús tározórendszerek és a kémiai, un. VRB átmeneti, kiegyenlítő tárolók is. De a hidrogén előállítás, s ezzel a tárolás is „korlátlan" lehetőségeket biztosít a hálózati kiegyenlítések szempontjából. Az élenjáró európai rendszerben megjelentek a SMART GRID, azaz okos hálózatok, de a kisebb háztartási méretű rendszerek részére is megvalósítható az „okos mérés" „SMART METERING". Az E-mobilitás szempontjából különösen az utóbbi jelent újabb lehetőségeket (14. ábra). Ezzel nem csak nagy áramellátó erőművetől lesznek képesek villamosenergiát vásárolni, hanem decentralizáltan kisebb háztartási méretű rendszerek is sajátcélú tankoló állomássá válnak. napenergiával, szélerőművek vagy célzott kisebb biomassza vagy geotermális energia felhasználásával.

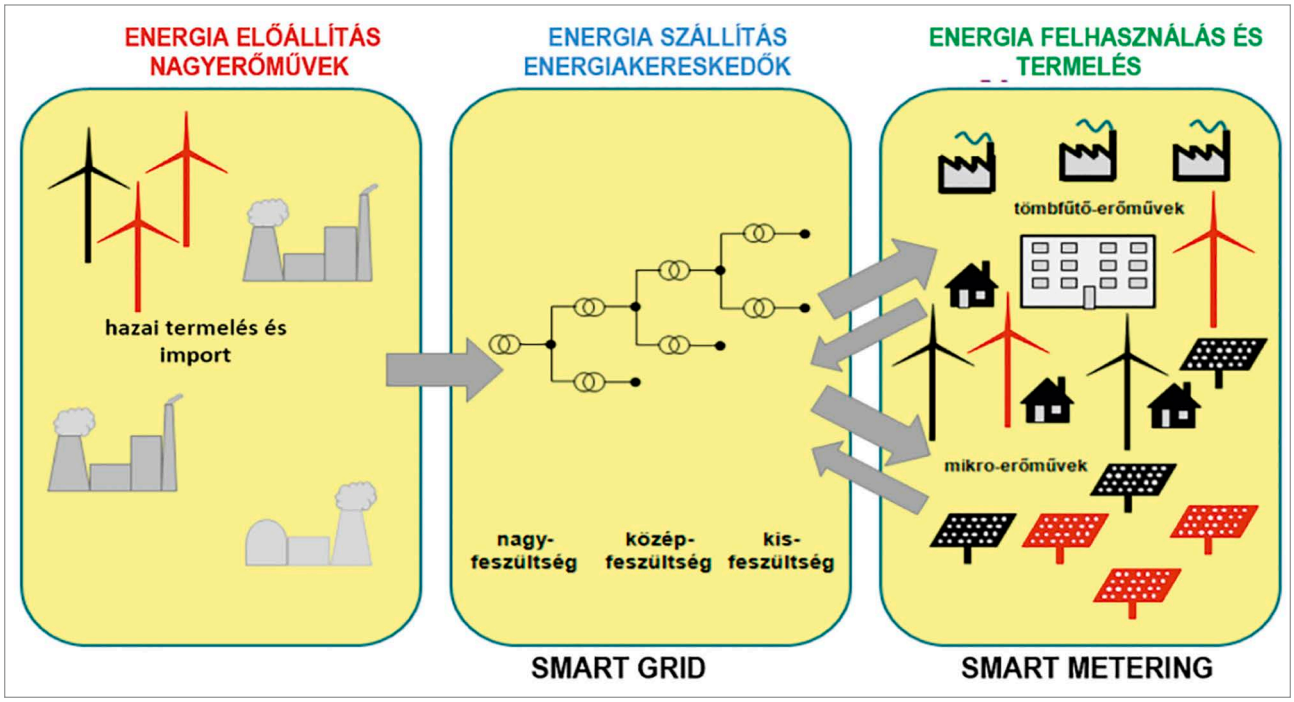
E két rendszer növeli az átviteli hálózatok teljesítmény kihasználását (mérséklik a veszteséget), a felhasználói, egyben a háztartási méretű és kiserőműi rendszerek is optimalizálhatók. Továbbá, az ezekből származó jövedelem az adott területen maradnak, növelve a kisebb települések, falvak eltartóképességét, megállítják a lakosság csökkenését. Magyarország vonatkozásában a Paks2 megépülése esetén az energia ellátás a Dunántúlnak erre a területére koncentrálódik 15. ábra). Távolabbi területekre a szállítás veszteségekkel jár. Az új blokkok és a reégiek együttes használata révén mintegy 4000 MW áll egyidejűleg rendelkezésre, miközben a villamos rendszerünkben a hajnali órákban ennél kevesebb a felhasználói igény.

12. ábra Hidrogén FC autók felépítése és töltése



13. ábra A hajtásban résztvevő alkatrészek volumene (A villamos hajtás, B robbanómotoros hajtás)





14. ábra A megújuló termelés bővülése a decentralizálás esetén
• okos hálózatok (Smart Grid, SG) IDCS (Integrated Dispatcher Center Solution) Intelligens Rendszerirányítás (pl. ELMŰ-ÉMÁSZ területén)
• okos mérőrendszerek (Smart Metering, SM)

Amennyiben a völgy időszakban a túltermelés nem értékesíthető, úgy célszerű a csúcs időszakokra eltárolni, de a villamos hajtás is besegíthet a koncentrált töltések révén.

A hidrogénüzemű tüzelőanyagcellákkal szemben a töltőálomás rendszernél a legkisebb átalakítást jelentő, ezért infrastrukturálisan olcsóbb metanolos rendszer (DMFC) fejlesztése lényegesen le van maradva és nagyon valószínű, hogy a piacra való kijutásuk még több évet várat magára. Hátráltatja az is, hogy ha az előállításhoz szükséges CO_2-t a légkörből kellene kivonni, amely nagy hatékonysággal – mai ismereteink szerint – nehezen képzelhető el, tehát a nagy mennyiségű metanol előállításához a források nem állnak rendelkezésre. Jelentős kutatások és gyakorlati tapasztalatok Izlandon állnak rendelkezésre, ahol a különféle geotermális forrásokból nyert CO_2-t használjákn fel.

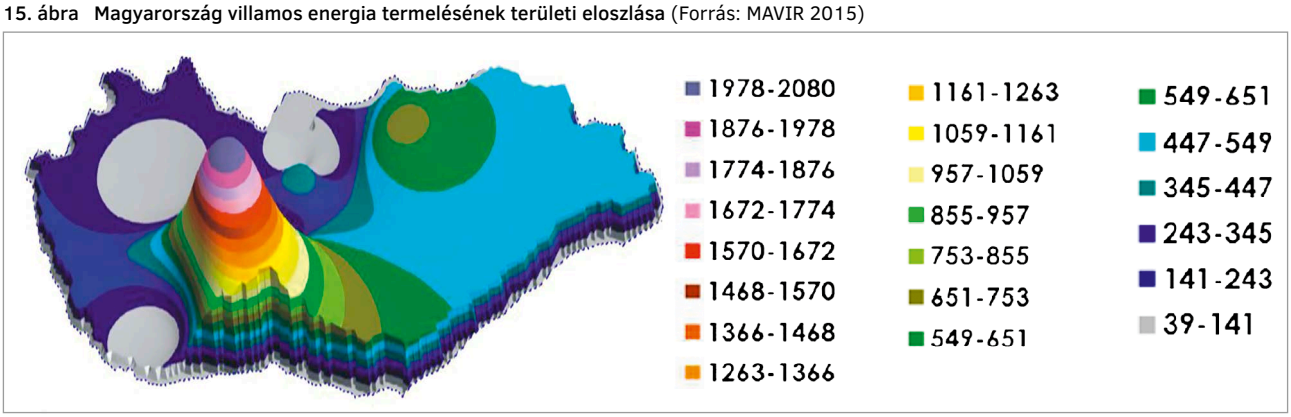
Összefoglalás

A jövőben, ha összekapcsolódik a villamos hajtás, az e mobilitás az intelligens és autonóm járművekkel az azokat körülvevő környezettel, olyan vállalkozások indulnak el a világban, amit ma még nehéz megjósolni. Megítélésünk szerint iparágak dőlnek össze és épülnek ujjá. Ennek eléréséhez igen jelentős fejlesztésekre és kutatásokra van szükség. A Smart Grid, Smart City projektek jelentősen felerősítik az e-mobilitást. Az ebből származó előnyök kihasználásához háron nagy iparág létrejötte szükséges:

– a közlekedés és az autóipar, amely az említett járműveket létrehozza,
– az energetikai ipar, amely a villamos energiát előállítja, főként a környezetbarát megújulókból,
– a kommunikációtechnika (ICT) még szélesebb körben történő elterjedése.

Mind a három iparág igen jelentős szakképzettséget igényel, tehát ehhez ki kell alakítani az oktatási és fejlesztési rendszereket, a megfelelő kutatóbázisokat. Aki ezekkel fejlesztési igények létrehozásával nem számol az feltétlenül lemarad a következő ipari forradalom előnyeinek kiaknázásából.

15. ábra Magyarország villamos energia termelésének területi eloszlása (Forrás: MAVIR 2015)



Életciklus vizsgálatok a körforgásos gazdaság támogatására

Prof. Dr. Tóthné Szita Klára

Miskolci Egyetem GTK, 3515 Miskolc-Egyetemváros

Bevezetés

Az életciklus fogalma a közgazdaságtanban ismeretesen a mikrogazdaság ciklikusságához, illetve az innovációhoz kapcsolódó fogalom, amely Schumpeter munkássága alapján került be a közhasználatba. Eredetileg termékre vonatkoztatva értelmezték, azt az időtartamot értve alatta, amely valamely termék, termékcsoport előállításának kezdetétől, illetve piacon való megjelenésétől a gyártás befejezéséig, illetve a piacról való kikerüléséig tart. Később kiterjesztették a technológiára, sőt a szervezetekre, vállalkozásokra is, a vállalatok stratégiai tevékenységével, a beruházásokkal, illetve a vállalatok küldetésének, hosszú távú céljainak változásaival összefüggően.

Az életciklus vizsgálatok háttere

Az életciklus vizsgálatának, elemzésének értelmét az adja, hogy minden szándékolt vagy megvalósult innováció (termék, technológiai és szervezeti) eredményességének mércéje a befektetés megtérülése. A szándékolt innováció egyik legfontosabb döntési kritériuma, a megvalósított beruházás értékelésének az alapja a megtérülési időnek és az elért profittöbbletnek az ismerete. A termék életciklust leíró görbe az idő függvényében mutatja az eladott (eladható) termékmennyiséget vagy termelési értéket, és általában logisztikus, telítődési tendenciát jelez. A gazdasági értelemben vett életciklus természetszerűleg mindig valamely adott ciklusban előállított teljes termékmennyiségre, meghatározott ideig működő technológiára és létező szervezetre vonatkoztatható. A környezetgazdálkodásban használatos életciklus fogalom az előbbinél sokkal újabb keletű, az 1990-es évtized elején jelent meg. A fogalom kialakulását és használatának elterjedését a környezettudományok fejlődése által indukált, a környezettel összefüggő felfogás generális megváltozása idézte elő.

E változási folyamat lényegét abban foglalhatjuk össze, hogy a gondolkodás, a cselekvési programok, feladatok megfogalmazása a környezetvédelemről a környezetgazdálkodásra, a keletkezett károk elhárításáról, hulladékok "eltüntetéséről" azok megelőzésére, a környezeti szempontból fenntartható fejlődés lényegének meghatározására tevődött át. Ebben az értelemben az életciklus valamely termékre, technológiára vagy szervezetre úgy vonatkoztatható, hogy a "megszületésétől a haláláig", a "bölcsőtől a sírig" terjedő időszakot öleli fel. Az életciklus vizsgálata az erre az időtartamra eső teljes, környezetre gyakorolt hatásra kiterjed. Input oldalról a meg nem újítható, illetve korlátozottan megújítható erőforrások felhasználására, output oldalról mindenféle környezeti károsításra, károkozásra kiterjed a gyártás és a használat, valamint a megsemmisítés láncolatában, mennyiségileg (naturáliákban és/vagy pénzben) meghatározva ezeket. Az életciklus hatásvizsgálat (LCA - Life Cycle Assessment) értelmét és célját éppen az adja, hogy megkeressük azokat a termékeket, technológiákat és szervezeteket, amelyek egy adott szükséglet kielégítésére az adott feltételek között egységnyi időtartam alatt (általában 1 évre számítva) a legkedvezőbb, optimális környezeti összhatást, tehát a lehető legkisebb környezetterhelést adják (Tóthné, 2009).

Az LCA használata a körkörös gazdaság tervezésére

A körkörös gazdaság hatásainak értékelésére rendkívül előnyös az életciklus elemzés használata. Az LCA egy robosztus, tudományosan megalapozott eszköz, amely képes mérni és értékelni a körfogásos gazdaságból kikerült terméket és üzleti modellt. Erősíteni tudja a zárt körfogásos megoldásokra tett javaslatokat, vagy az eredmények alapján el is vetheti azokat.

Az elemzést ez esetben is az ISO 14040:2006 szabvány szerint kell végezni, követve az ott meghatározott módszertant. Nagyon fontos a rendszer pontos meghatározása, a körkörös modell megalkotása, a funkció egység definiálása és az adatokra vonatkozó elvárások, és az allokáció rögzítése. Az input-output adatok életciklus mentén történő összegyűjtése után a környezeti hatások valamely módszer szerinti becslése következik. Gyakran alkalmazott környezeti hatásbecslés a CML 2001, és a ReciPe módszer. Hatáskategóriák tekintetében az üvegházhatás, a savasító potenciál, eutrofizáció és a toxicitás a vizsgálatok fókuszterületei.

Az LCA jól kiegészíti, illetve megalapozza a körforgásos gazdaságot, mivel három lépésben segíti annak bevezetését. Az első lépésben az LCA segítségével a feltételezett termék vagy szolgáltatás szintjén vizsgálja a körkörös gazdaság előnyeit, vagy hátrányos hatásait. Második lépésben a korlátok megismerése után feltárja a lehetséges fejlesztési alternatívákat az életciklus mentén. Ez a fejlesztések újra gondolásával jár. Végül a harmadik lépés az üzleti stratégiához illeszkedve meg kell határozni a célt, ami mentén el lehet indulni a körkörös gazdaság irányában.

A körkörös gazdaság bevezetésében és elterjedésében kiemelkedően fontos szerep jut az LCA közösségeknek, hogy megerősítést adjanak az objektív vizsgálataik alapján a CE megoldások létjogosultságához, illetve termék deklarációk kidolgozásán keresztül hozzájárulhatnak, hogy a CE-ből kikerülő termékek fenntarthatósági elvárásai átláthatóbbak legyenek. Ezért nemcsak a klasszikus értelemben vett környezeti életciklus elemzés (eLCA) elvégzése ajánlott, hanem a fenntarthatóság 3 pillére mentén végzett elemzés: az eLCA mellett az életciklus költségelemzés és a társadalmi életciklus hatásvizsgálat is (SLCA) szükséges. Ezek együtt az életciklus fenntarthatósági elemzést biztosítják.

Az LCA segítségével összehasonlítható a nyílt és zárt láncú technológia, és abban az esetben, ha az életciklus fenntarthatósági értékelés (LCSA) eredménye jobb, mint a nyílt láncúé, van létjogosultsága a bevezetésének. Azaz:

$$\mathbf{LCSA}_{\mathbf{Nyílt}}\,\mathbf{(eLCA + LCC + SLCA) \geq LCSA}_{\mathbf{zárt}}\mathbf{(eLCA + LCC + SLCA)}$$

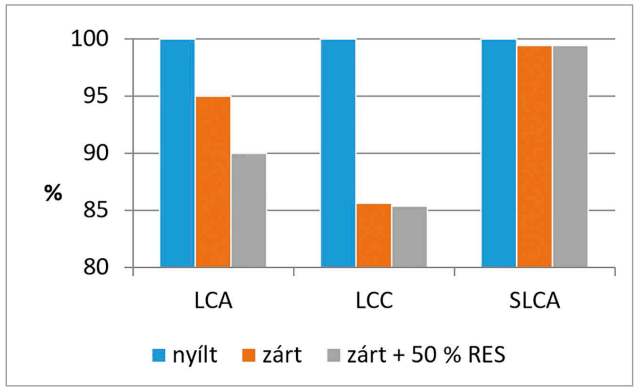
ahol: eLCA környezeti életciklus elemzés; LCC életciklus költségelemzés, SLCA társadalmi életciklus elemzés. Ez utóbbi kettő is jól körülírt módszertannal rendelkezik.

A fenti formula egyaránt alkalmazható termékekre, termelési folyamatokra, szolgáltatásokra, mikro, makro és regionális szinten egyaránt. A szakirodalomban számos esettanulmány található, amelyek különböző szektorokban vizsgálták a körkörös folyamatok

környezeti hatását a nyílt láncú megoldásokkal összevetve. Készültek esettanulmányok élelmiszerhulladékok körkörös modellek kialakítása révén történő hasznosítására (Corrado et al., 2017) épületek renoválására vs. lebontására és a bontási anyag feldolgozása (Assefa-Ambler, 2017; Unfried, 2009), zárt városi anyagáramok LCA-ra épülő modell fejlesztésére (Patríció et al., 2015), hogy csak néhányat említsünk. Ezek többnyire hulladékok innovatív feldolgozásával történő megoldásokkal foglalkoztak.

Saját kutatási eredményekkel is alátámasztható, a körkörös modell előnye. Egy oldószer kinyerésével és újra használatával működő vegyipari technológia fenntarthatósági elemzése után megállapítható volt, hogy javult a helyzet a nyílt láncú technológiához képest, mint ahogy az 1. ábra is mutatja.

A háromdimenziós elemzés szerint a legnagyobb megtakarítás a költségek tekintetében volt, legkisebb a társadalmi hatások esetében, de a környezetterhelés is csökkent. Egyértelműen megállapítható volt, hogy a technológia során az anyag körforgása előnyös hatásokat vált ki. A pozitív eredmény tovább javítható megújuló erőforrás alkalmazásával (Zajáros et al., 2016).



1. ábra A technológiák SLCA szerinti értékelése
(Zajáros et al., 2016)

Javaslatok, összegző gondolatok

Az újabban előtérbe került a körkörös, vagy körforgásos gazdaság tekintetében egyre több programmal lehet találkozni. A körkörös gazdaság elsősorban gazdasági előnyök (hulladékkezelés és alapanyagok költségeinek csökkentése) mellett éri el - jól megválasztott technológiával - a környezeti hatás csökkenését. A gazdálkodó szervezetek innovatív hulladékkezelési technológiákkal célzott pályázati forrásokhoz jutva elmozdulhatnak a fenntartható termelési mód felé.

Kétségkívül előnyös, ha a körforgásos gazdálkodás révén - amikor a hulladékból visszanyerik a technológiához szükséges anyagok egy részét - kevesebb anyagot kell beszerezni, és csökken a hulladék mennyisége, de nem szabad elfelejteni, hogy az ilyen technológiai megoldások általában újabb erőforrás felhasználást igényelnek. Mérlegelni kell, hogy az anyag kinyeréssel járó előnyök mekkora additív befektetést igényelnek, és az így kidolgozott technológia emissziói nem szennyeznek e jobban, mint az alaptechnológia. A körforgásos technológiának akkor van létjogosultsága, ha az így előállított termék teljes életciklusára vetített környezeti, társadalmi és gazdasági hatások együttesen nem haladják meg az eredeti technológiáét. Ennek megítéléséhez elengedhetetlen az életciklus elemzésre épített összehasonlító hatásvizsgálat. Ha az összesített energiaigény nő, annak hatása némileg mérsékelhető megújuló erőforrások alkalmazásával.

Felhasznált irodalom

[1] Corrado, S., Ardente, F., Sala, S., Saouter, E. (2017): Modelling of food loss within life cycle assessment: From current practice towards a systematisation Journal of Cleaner Production 140 (2017) 847e859

[2] Assefa, G., Ambler, C., (2017): To demolish or not to demolish:Life cycle consideration of repurposing buildings. Sustainable Cities and Society, 28, 146-153.

[3] Patrício, J., Costa, I., Niza, S. (2015): Urban material cycle closing – assessment of industrial waste management in Lisbon region. Journal of Cleaner Production 106, 389-399.

[4] Tóthné Szita Klára (2009): Az életciklus-elemzés kialakulása, fejlődése, értelmezése dióhéjban Eco-Matrix 2009. 5-8.

[5] Unfried, P. (2009): Ökologisch-industrielle Revolution: Der Umweltretter Michael Braungart Öko Konsum 07.03.2009.

[6] Zajáros, A., Tóthné Szita, K., Matolcsy, K., Horváth, D. (2016): Veszélyes hulladékból történő oldószer-visszanyerés életciklus szemléletű vizsgálata. in: Életciklus Szemlélet A Körforgásos Gazdaságban konferenciakötet, LCA Center

A körkörös gazdasági rendszerfejlesztések vizsgálata a tejszektorban – holland és magyar termelési rendszerek fejlesztési opciói

Dr. Fogarassy Csaba [1] – Dr. Orosz Szilvia [2] – Dr. Ozsvári László [3]

[1] Szent István Egyetem, Klímagazdaságtani Elemző- és Kutatóközpont, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
[2] Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft., 2100 Gödöllő, Dózsa György utca 58.
[3] Állatorvostudományi Egyetem, Törvényszéki Állatorvostani, Jogi és Gazdaságtudományi Tanszék, 1078 Budapest, István utca 2.

Jelen tanulmány a Hungarian Agricultural Engineering című tudományos folyóiratban megjelent „Evaluating System Development Options in Circular Economies for The Milk Sector - Development Options for Production Systems in The Netherlands and Hungary" című cikk magyar változata. Az eredeti cikk megtalálható angol nyelven a folyóirat 2016-os évben megjelent 30. számában. DOI azonosító: 10.17676/HAE.2016.30.62

Összefoglalás

A jelenleg működő gazdasági struktúrák a lineáris gazdasági szemléletet követik, mely szemlélet a „kitermel-gyárt-eldob" elven alapul, mely nem támogatja a természeti erőforrások valódi fenntarthatóságának szempontrendszerét, az anyagkörforgás működtetését, az egyes rendszerek egymásra hatásának tervezését. Jelen kutatásban egy holland tehenészeti példa alapján elsősorban azt vizsgáljuk, hogy a fenntarthatóság érdekében, miként lehet elmozdulni a lineáris gazdasági rendszerektől a cirkuláris vagy körkörös rendszerek felé. Három holland modell elemzése alapján kialakítottunk egy olyan vizsgálati módszert, amely révén a hazai vállalkozások számára is kijelölhetők azok a stratégiák, melyek a lineáris termelési gyakorlatból a körkörös gazdaságba vezethetik át a hazai tejszektor szereplőit. A vizsgálatok során elsődleges adatbázisként az AT Kft. adatbázisának releváns adatait használtuk, a szükséges szakértői becsléshez szakterületi konzultációkat végeztünk, illetve benchmarking módszerrel vetettük össze a kialakított hazai modellek jellemző paramétereit. Annak érdekében, hogy erről közelebbi, a gyakorlat számára is értelmezhető képet, kijelölhető stratégiát alkossunk, meghatároztuk egy hármas életciklus szakaszokra alkalmazható felbontási elvet, illetve kialakítottuk az un. CEV % vagyis „Circular Economic Value" értéket, melynek segítségével az egyes tejtermelési stratégiák (1. Low-input / low-output; 2. High-input / high-output-; 3. Low-input / high-output) körkörösítésének a folyamata stratégiailag is tervezhetővé válik.

Bevezetés

Napjainkban a fenntartható és klímabarát termelés egyre inkább központi szerepet játszik a mindennapi életünkben. Felértékelődik azon módszerek iránti igény, melyek segítik az előállított és elfogyasztott termékekkel összefüggésben megjelenő lehetséges környezeti, klimatikus, társadalmi és gazdasági hatások hiteles és pontos megismerését, illetve ezen rendszerek negatív hatásainak megelőzésére törekednek. Az életciklus elemzés és a körkörös gazdasági modell együttes alkalmazása által nyújtotta lehetőségekkel, a hosszú távú fenntarthatóság kritériumai egyértelműen vizsgálhatók jelenkorunk gazdaságának több szintjén is. Életciklus elemzés (Life Cycle Assessment) során az egyes környezeti tényezők és a potenciális környezeti hatások feltárása történik, melyet az egyes termékekre/ szolgáltatásokra nézve egészen „a bölcsőtől a sírig" vizsgálunk. Az életciklus elemzés a termék vagy szolgáltatás egész életútjának feltárását teszi lehetővé. A vizsgált területek közé tartozik az erőforrások felhasználása, emberi egészséget, ökológiai egyensúlyt veszélyeztető hatások feltárása is (Bakosné, 2016). A CA modellezi a termék életciklusát, az egész termékrendszerre vonatkozóan. A termékrendszerek alapvető tulajdonsága, hogy funkcionálisan vannak meghatározva és nem csupán a végtermék szempontjából. Jelen vizsgálatunk esetében a B2B, azaz „business to business" típusú életciklus rendszerstruktúra felépítése válik szükségessé. Ezt az egyszerűsített életciklus rendszert a közbenső termékek, beszállított alapanyagok esetében szoktak kialakítani, melynek részei a következők (1. ábra):

– alapanyag előállítás,
– gyártási folyamat,
– elosztási folyamat.

1. ábra B2B típusú életciklus modell

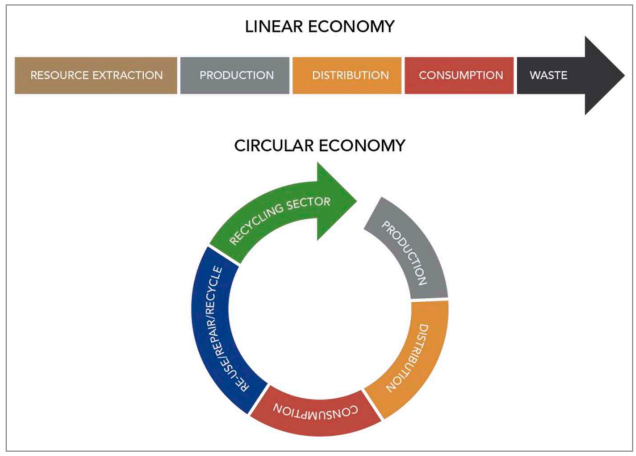
A klímaváltozás és a mindinkább fenntarthatatlan folyamatok egyre sürgetőbb feladatok elé állítják korunk politikusait, döntéshozóit. Napjainkra a hétköznapi emberek életének is szerves részévé vált a klímaváltozással kapcsolatos problémák megélése, illetve kezelésük szükségessége. Ezen okokból kifolyólag –a hétköznapi emberek számára is - egyre növekszik az igény a fenntarthatóság kritériumainak figyelembe vételére, a kapcsolódó ismeretek elmélyítésére. Ennek lehet kiváló eszköze az életciklus elemzések elkészítése a legújabb fenntarthatósági koncepció, a „circular economy" vagy „körkörös gazdasági" modell ötvözésével, az élet számos területén. A fenntarthatóság és a fenntartható fejlődés talán a 21. század egyik legismertebb és legtöbbet használt kifejezései közé tartoznak. Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága „Közös jövőnk" című, 1987-es jelentésében megfogalmazottak egyre több emberhez jutnak el a világon mely szerint „A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely biztosítani tudja a jelen szükségleteinek kielégítését, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk lehetőségeit saját szükségleteik kielégítésére" (Szlávik, 2005). Ha jobban meg akarjuk érteni a definíciót, komplexen kell értelmeznünk, hiszen számos tényezőt foglal magába. Ilyenek a társadalmi, környezeti és gazdasági dimenziók, melyeknek együttes egyensúlya révén jön létre a fenntarthatóság. Ezt a három dimenziót a fenntarthatóság pilléreinek nevezzük (2. ábra).

A fenntarthatóság gyakorlatilag egy olyan állapot, melyet a három pillér tart fenn és amennyiben változás következik be az egyik tényezőnél, az hatással van a másik kettőre is. A pillérek közötti hármas optimalizálás kiemelt jelentőségű a hosszú távú fenntarthatóság biztosítására.

Lehetőség az átalakulásra - Körkörös gazdasági modell

A jelenleg működő gazdasági struktúrák a lineáris gazdasági szemléletet követik, mely szemlélet a „kinyer-legyárt-fogyaszt-

2. ábra A fenntarthatóság pillérei (Forrás: Ambler, 2017)



3. ábra Lineáris vs. körkörös gazdasági rendszerek alapstruktúrája (Forrás: Ellen MacArthur Foundation Team, 2016 alapján)

ártalmatlanít" vagy még rövidebben „kitermel-gyárt-eldob" elven alapul, mely nem támogatja az erőforrások fenntarthatóságának szempontrendszerét, az anyagkörforgás működtetését. A lineáris gazdaság azokon a lineáris folyamatokon alapul, melyek a nagy tömegű termékeket és az alacsony termelési költségeket preferálja, főként arra támaszkodik, hogy a szükséges alapanyagokat relatíve alacsony költségen érje el (Webster, 2015).

A körkörös gazdaság minimális vagy zéró hulladéktermeléssel és erőforrás felhasználással forgatja vissza a megtermelt termékeket életciklusuk végén. A körforgásos rendszerek fő folyamatai a hulladékok teljes csökkentése, újra-felhasználása, újra használata, újragyártása, javítása. A körforgásos gazdasági modell tulajdonképpen egy olyan ipari rendszer, mely az „end-of-life" (hasznos élettartam vége) koncepciót a helyreállítással váltja fel, ösztönzi a megújuló energiák felhasználását, valamint a hulladékot az anyagok, termékek, rendszerek - és ezen belül - az üzleti modellek elsőrendű tervezésével kívánja megszüntetni (Tukker, 2015). A körkörös rendszerekben megjelenik, illetve kiemelkedik egy további aspektus, amely a XX. század második felében egyre kisebb szerepet kapott a nyugati termelési rendszerekben, a prevenció vagy megelőzés.

Az új, körkörös felfogás logikája elismeri azt, hogy bár a hulladékok rendszeren belüli forgatása elengedhetetlen, mégis felületi kezelést nyújt az alapvető problémára. Ez nem más, mint a hulladékok keletkezése. Az 1900-as évek második felében terjedt el a lineáris gazdasági szemlélet egy új irányzata, a megrövidített életciklusú termékek gyártása. Ez gyakorlatilag a termékek hasznos élettartamának mesterséges – termelési folyamatok során szabályozott – lerövidítését jelentette (Agrawal et al., 2015). A „planned obsolescence" (tervezett avulás) fogalmának eredete az 1930-as évek elejéről származik. Egy amerikai közgazdász ekkor vetette fel a bevezetésének lehetőségét, megoldásként a gazdasági válság kezelésére. Bár széles körben akkor még nem terjedt el, 20 évvel később már bevett gyakorlatnak számított a termelési rendszerekben (Bulow, 1986). Ez a szemlélet azóta is segíti a túltermelésre alapozott fogyasztói társadalom fenntartását.

Napjainkra azonban a döntéshozók számára is világossá vált, hogy az ilyen irányú folyamatok során keletkező hulladékok kezelése már nagyobb holtteher-veszteséggel jár, mint az általuk kiváltott gazdasági növekedésből adódó hasznok. A körforgásos gazdaság ezért nem csak arra törekszik, hogy elterjessze a hulladékok tőkeként való felfogásának szemléletét, hanem a folyamat elején tesz lépéseket a későbbi életciklus meghosszabbítására. Erre megoldás lehet a garanciális rendszerek olyan szintű módosítása, amellyel illeszkednek a hosszú életciklusú termékeket támogató gondolkodásmódba. Továbbá szorgalmazza olyan üzleti modellek kidolgozását (*sharing economy, refurbishing, re-manufacturing, upcycling etc.*), melyek kifejezetten arra ösztönzik a termelésért vagy értékesítésért felelős szereplőket, hogy az adott termék minél hosszabb hasznos élettartammal bírjon.

Elemzési módszer

A téma komplexitása, valamint a vizsgálandó témához rendelkezésre álló adatok időrendisége és sokszínűsége miatt, a benchmarking vizsgálati módszert választottuk elemzésünk elvégzéséhez. A benchmarking egy olyan szint-összehasonlítási módszer, mely alkalmazásával egy adott időben és térben jellemző állapotot összehasonlíthatóvá tesz egy meghatározott feltételrendszer mentén (Fogarassy-Böröcz, 2014). A benchmarking módszer alkalmazásával képesek lehetünk akár egy ágazat állapotát térben és időben összehasonlítani meghatározott paraméterek mentén. Egy olyan mechanizmussal dolgozhatunk benne, amely a jövőbeli állapotot értékeli a jelen viszonyokra kialakított feltételrendszer alkalmazásával. A módszertan kiválasztásának oka, hogy a benchmarking egy tetszőlegesen formálható és a vizsgálati célokhoz specifikusan alakítható elemzési forma (Camp, 1992). Az elemzés során egyszerűsített benchmarkot alkalmaztunk a holland tejtermelési rendszerek jellemzésére, majd a hazai rendszerek vizsgálatához egy provizórikus keretrendszert adtunk meg a jövőbeli bechmarking elemzések kialakításhoz.

Eredmények

Az Európai Unió a 2015-ös évtől kezdődően megszüntette az immáron 30 éve működő kvótarendszert a tejpiaci szabályozás esetében. Középtávú várakozások szerint ez a tejpiacra egy fokozottabb piaci versenyhelyzetet és ehhez kapcsolódó területi átrendeződést fog indukálni a szektorban. Ez a folyamat várhatóan azt eredményezi, hogy az alapanyag előállítás egy jelentős része költséghatékony termelési övezetekbe fog átkerülni, és az alapanyag előállítás paramétereinek racionalizálása elengedhetetlenné válik. Mindenképpen szükséges lesz a hazai szektor átrendeződése, melyhez hatékonyan járulhat hozzá egy Hollandiában már működő példa, ami a *„circular economy"* alapjain nyugszik, természetesen a hazai feltételrendszerekre optimalizálva. Jelen tanulmányunkban a holland mintát követve állítunk fel egy, a körkörös gazdasági modellen alapuló – az életciklus- és a benchmarking elemzést ötvöző módszertani megoldást – segédletet, mely a *„circular economic value"* (CEV érték) meghatározásával segítheti a termelési rendszerek optimális egyensúlyi állapotának elérését.

Holland modellek elemzése

A vizsgálatunk alapjául a cirkuláris gazdaságba való átmenetet modellező holland minta szolgált, melyet a hazai kritériumoknak is próbáltunk megfeleltetni első lépésben. A holland modellben három típusát különböztették meg az egyes tejtermelési technológiai módozatoknak, hozzárendelve őket a körkörös gazdaság kritériumrendszeréhez, elvárásaihoz.

A holland gyakorlatban alkalmazott „OPTIMALIZÁLT (1) – EXTENZÍV (2) – INTENZÍV (3)" legeltető tartásmód, illetve tejtermelési formák jellemzése:

1. Optimalizált tartásmód: a technológia megpróbálja maximalizálni a termelést, összeegyeztetni a biológiai célokat a technológiai lehetőségekkel, úgy érve el a körkörösséget. Ez a gazdálkodási forma a legjellemzőbb a holland tejtermelésben, de jelentős fejlesztési igénye van a körkörösség eléréséhez.

2. Extenzív tartásmód: az ökológiai vagy biogazdálkodási gyakorlatra épít, nagyon szorosan a talaj-, növény- és állati takarmány ciklus preferálása mellett, a helyi termelést részesíti előnyben. A teljes körkörösség eléréséhez legközelebb álló rendszer, de irányítási, szabályozási beavatkozásokat kell alkalmazni, és pénzügyi megtérülés modellt kialakítani hozzá. Állami támogatás nélkül nem működőképes.

3. Intenzív high-tech tartásmód: ebben a technológiában megtalálhatóak a körkörösség alapelvei a modern technológia alkalmazása mellett. A kulcsterületeken már körkörös a rendszer, előnyökkel jár a termelékenység és körkörösség tekintetében is. Kockázatokkal jár azonban az alkalmazkodóképesség és a társadalmi elfogadottság tekintetében. A nagy volumenű kibocsátás miatt, a lineáris rendszerek aktív szerepet kap a rendszer működtetésében.

A lineáris gazdasági rendszer működése tejtermelés esetében

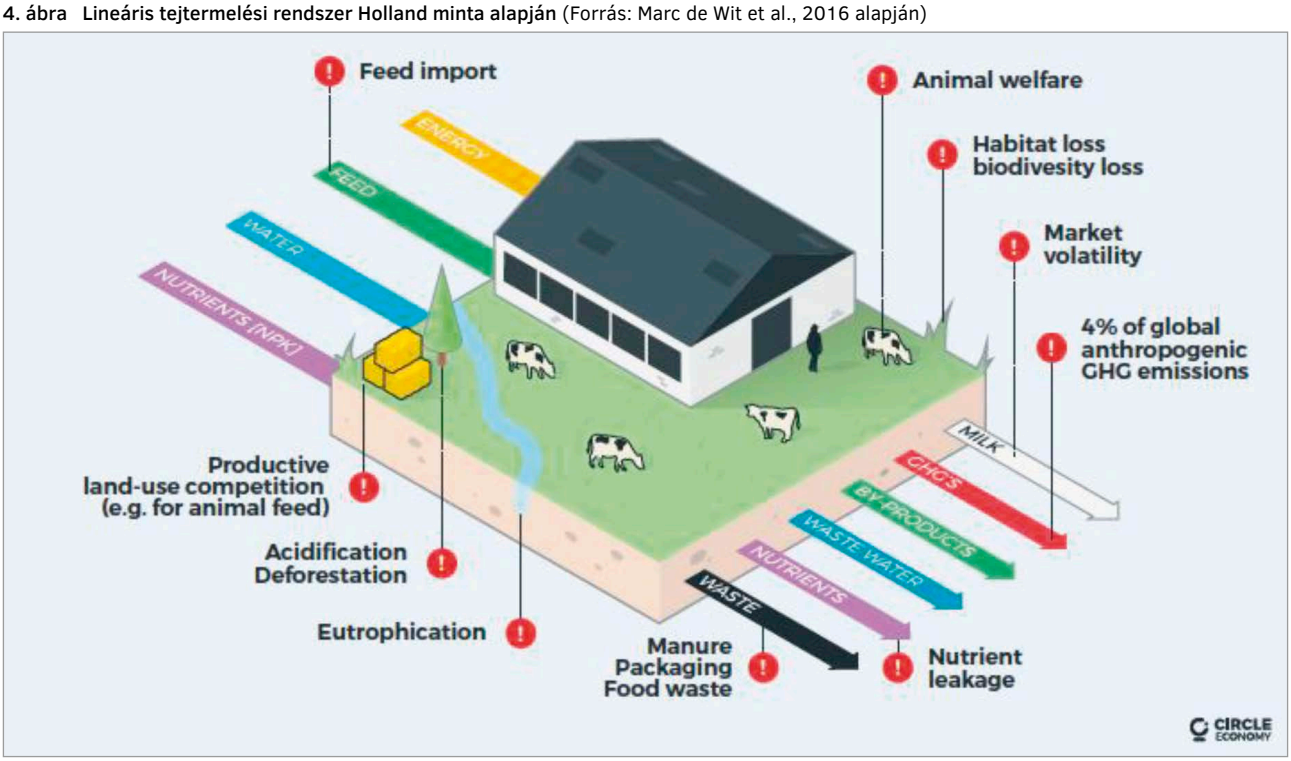
A lineáris rendszer esetében, melyek jelenleg is működnek a holland gazdaságban, gyakran használják a termelési inputokat úgy, hogy maximális hozamokra tegyenek szert. A csökkenő hozadék elve alapján, ezekben a termelési stratégiákban, az egységnyi termelésre jutó hozamnövekedés csökkenésével szemben, exponenciálisan növekszik a többlettermeléshez kapcsolódó környezetterhelés volumene, illetve a megjelenő környezeti externáliák felszámolásának költsége. A gyakorlatban ennek az az eredménye, hogy a tejciklushoz kapcsolódó negatív hatások tömegesen jelennek meg, a tápanyagok kimosódása, elszivárgása, az üveghatást okozó gázok fokozott emissziója (NO_x, CH_4, CO_2), a vizek elszennyezése és túl használata lesz jellemző. A lineáris rendszerek esetében a piaci kapcsolatok rendszerint nem kooperáción alapulnak, melynek következtében a globális piaci kitettség, az árak hektikus változása és a biztonságos termékek előállításához, fogyasztásához kapcsolódó körülmények folyamatos változása (takarmány árak változása, fertőzések, járványok, klimatikus hatások) általánosan, de kiszámíthatatlanul jellemző, és állandó fenyegetettség a jövedelembiztonság szempontjából. A lineáris termelési rendszerek esetében a tejhozamok rendkívül magasak lehetnek, de ugyanekkor a termeléshez kapcsolódó szennyezés kibocsátás (melléktermékek, hulladékok, ÜHG gázok, nitrogén, tápanyag kimosódás) is kiemelkedően magas szintet jelent (4. ábra).

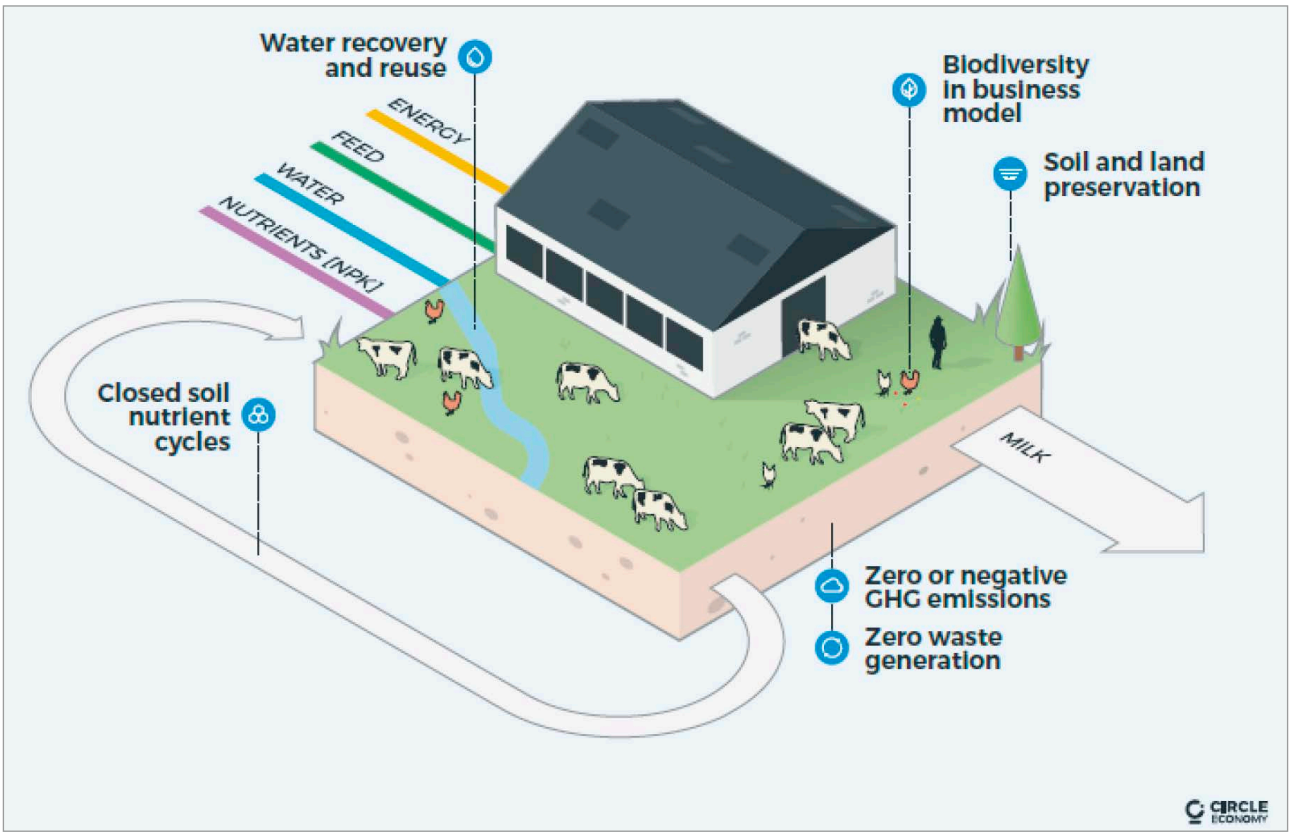
A lineáris rendszerek körkörösítése a holland gyakorlatban

A körkörös tejtermelési rendszerek a bezáródó ciklusok megvalósítására összpontosítanak, melyek a működtetés és a természeti erőforrások felhasználása során jelentenek leginkább újabb kihívásokat (5. ábra). A környezetterhelő hatások csökkentése révén pozitív hatást szeretnének elérni a tájak és az ökoszisztémák regenerálásának tekintetében (Marc de Wit et al., 2016).

Hollandiában az ÜHG kibocsátások, a tápanyag körforgás megvalósítása és a biodiverzitás fokozása tekinthető kulcsterületeknek a fenntarthatósági feltételek javítása során. Nyugodtan kijelenthető, hogy a talaj vagy tájmegőrzés, a víz és hulladékok kezelésének kérdése az ország általános környezettudatosságának köszönhetően, ma már nem jelent különösebb akadályt a farmerek számára sem.

4. ábra Lineáris tejtermelési rendszer Holland minta alapján (Forrás: Marc de Wit et al., 2016 alapján)





5. ábra Körkörös tejtermelési rendszer Holland minta alapján (Forrás: Marc de Wit et al., 2016 alapján)

A holland termelési rendszerek tekintetében a körkörös gazdaságba való átmenet lényegesen kevesebb elvárást fogalmazhat meg, mint például a volt szocialista országok, köztük hazánk tejtermelési rendszereinek vonatkozásában. A holland gazdaságok a talaj tápanyag ellátása, a hulladékok kezelése, a víz használat vagy szennyvízkelezés, illetve a talaj minőségének megtartása, különböző minőségmegőrző technológiák alkalmazása professzionális szinten elterjedt már a gyakorlatban. Az állati takarmányok és a műtrágyák tekintetében sikerült elérni, hogy a lehető legkisebb hatással legyenek a különböző anyaghasználatok a vizek és a levegő minőségére, miközben a talajminőséget is maximális szinten tudják tartani.

A tejtermelő gazdaságokból származó hulladékok mennyisége szinte nullának, vagy abszolút minimálisnak nevezhető a jelenlegi gyakorlatban (5. ábra).

A jelenlegi holland gyakorlatot a már említett három kategóriába (extenzív, intenzív, optimalizált) sorolták a szakértők. A holland tejtermelés gyakorlata egyértelműen a legeltető tartáshoz kapcsolódó technológiai rendszereket követi (6. ábra), melyek az európai gyakorlatban igen egyedinek tekinthetők. A besorolt teljetermelő tartástechnológiák esetében a holland szakértők meghatározták azokat a feladatokat, amelyek az egyes kategóriákon belül, a körkörös gazdaságba való átmenet folyamatát segíteni tudják (Marc de Wit et al., 2016).

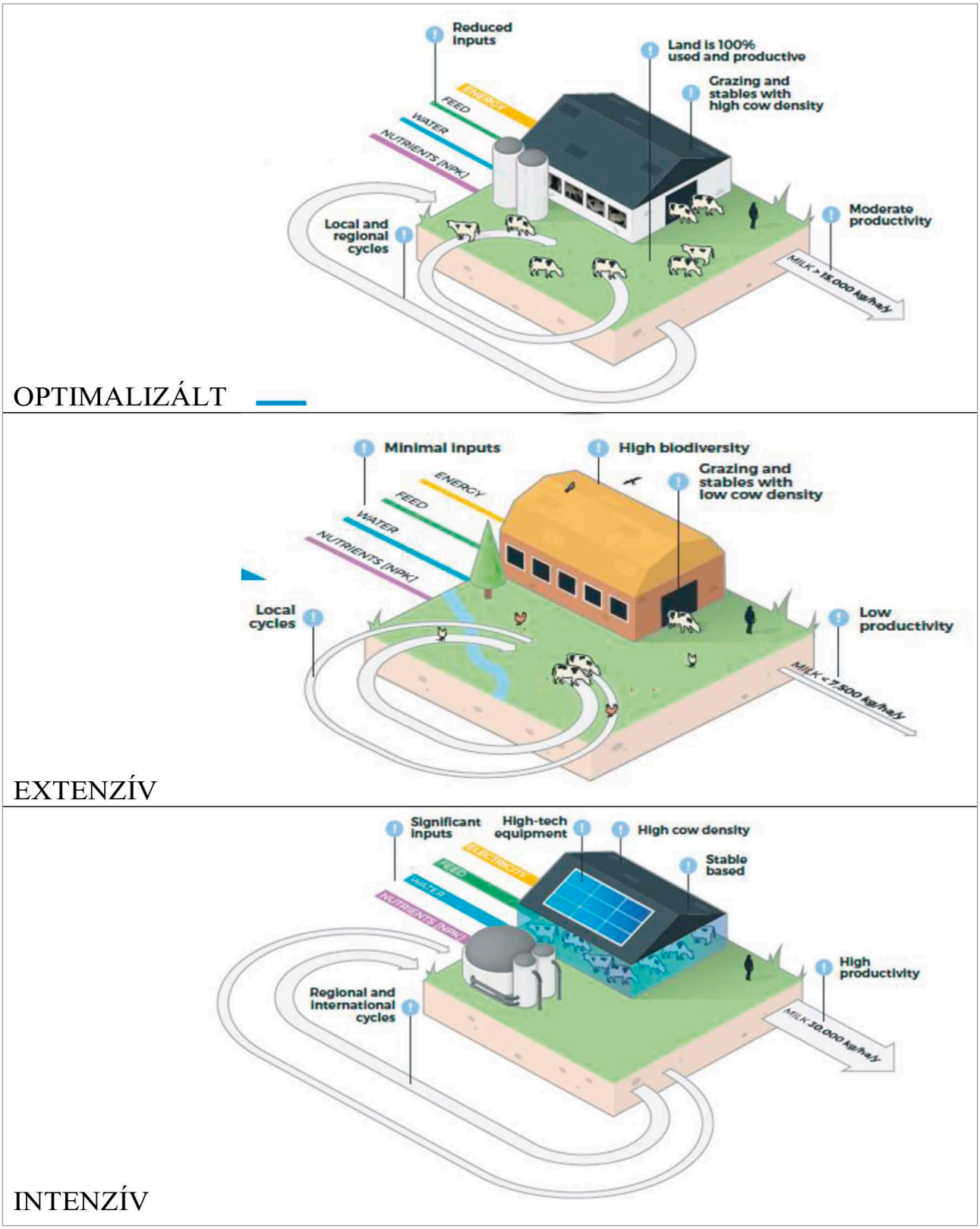
Az „optimalizált" termelési módszer esetében a hozamok maximalizálása a cél, de ez csak úgy valósulhat meg, ha a rendszer biológiai és technológiai körkörössége is maximálisan biztosítva van, illetve lesz a jövőben. Kiemelt feladatot jelent az inputok vagy import inputok beszerzésének kockázata, illetve a biodiverzitás mértékének növelése az „optimalizált" technológiai rendszer esetében (6. ábra).

Az „extenzív" technológia alkalmazása áll a legközelebb a körkörös gazdasági rendszertulajdonságok optimumához, mivel negatív externáliát nem állít elő a működése során. Jellemző viszont a nagy mennyiségű pozitív externália, mely révén a rendszer szintén abba a kategóriába soroljuk, amely a fenntarthatatlan rendszertulajdonságokat halmozza. Az extenzív legeltetés technológiája üzletileg nem fenntartható Hollandiában sem, tehát mint üzleti modellt nem ajánlott követni a körkörös gazdasági rendszerfejlesztésekkel sem.

Az „intenzív" legeltetés technológiai rendszere esetében azt mondhatjuk el elsősorban, hogy nagyon drága technológiai megoldásokkal működtethető, ezért csak kiemelkedő hozammal biztosítható az ésszerű megtérülési idő. A takarmánykörforgás biztosítása, azaz a ciklus lezárása szinte lehetetlen ekkora anyagáramlás esetében. Ez az intenzív folyamat mind az ÜHG gázok, mind a vízkörforgás esetében hatalmas kihívást jelent a körkörösség eléréséhez.

A lineáris tejtermelési rendszerek cirkularitása a Magyarországi gyakorlatban

A kutatásunk elsődleges célja az volt, hogy a holland példa alapján be tudjuk kategorizálni a hazai tejtermelő technológiákat, illetve a besorolások alapján meghatározhatóvá váljon a körkörös gazdasági fejlesztések felé vezető út a hazai tejtermelő gazdaságok számára. A rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján, a holland rendszer indikátoraira kalkulálva hasonló gazdálkodási kategóriákat nem tudtunk meghatározni, melyek a rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján csak igen széles spektrumban jellemző hozamokkal csoportosíthatók, illetve egységes szerkezeti jellemzőket egyértelműen nem lehet rájuk felírni. Az elvégzett előzetes vizsgálatok alapján azt tapasztaltuk, hogy sok esetben azért nem tudjuk az egyes kategóriákhoz kapcsolódó üzemeket jellemezni,



6. ábra **A jelenlegi holland gyakorlatban jellemző tartásmódok** (Forrás: Marc de Wit et al., 2016)

mert a rendelkezésre álló adatok felhasználásával az összehasonlítás nem hozott kellő szignifikanciát. Gyakorlatban ez azt jelentette, hogy például méretük vagy az alkalmazott technológiák alapján előzetesen hasonlónak ítélt gazdaságok jövedelmezősége, vagy hozammutatói teljesen eltérő képet mutattak, így egy halmazban történő kezelésükre, értelmezésükre nem volt lehetőség. A hazai állattenyésztéshez kapcsolt támogatási rendszerek, fejlesztési kötelezettségek (pl. trágyakezelés) sokrétűsége, a takarmányozási hagyományok, az EU-s szabályozásoknak való megfeleltetése lényegesen más fejlődési utat jelöl ki a hazai ágazat számára, mint

amit a holland gyakorlatban találunk. A következőkben nézzük meg azokat a hazai termelési modelleket, amelyek a fejőházas termelési struktúrán alapulnak, és a hazai tejtermelés jelenlegi üzemi gyakorlatára építve irányvonalakat jelölhetnek ki egy a cirkularitás elvét is figyelembe vevő stratégiai fejlesztés számára.

Magyarországi alapmodellek bemutatása

1. Low input - low output (extenzív): Ezen gazdasági modell holisztikus megközelítésben ökológiai szemléletű, a hosszú távú fenntarthatóságot tűzi ki célul, de a holland rendszertől eltérően szántóföldi növénytermesztésre alapozott gazdálkodási típus (a hazai telepméretből adódóan). Hazánkban átlagosan 380 tejelő tehenet tartunk egy gazdaságban. A *talaj-növény-állat-trágya-talaj* a teljes cirkularitáshoz legközelebb álló modell. Alapja a szántóföldi növénytermesztésre alapozott, saját termesztésű tömegtakarmány és fehérjehordozók előállítása (*home grown protein*), valamint a csúcslaktáció időszakában a minimum 70% tömegtakarmány-hányad alapú (szárazanyag-alapon megadva) takarmányozási modell. A hazai előállítású tömegtakarmányok minősége ebben az esetben lehet átlagos (NEl 5,5 MJ/kg sza.). A termelési volumen ebben a gazdasági modellben a minimum 8000 kg laktációs termelés (305 napra). A fenntarthatóság (és ez alatt a gazdasági fenntarthatóságot is értjük) alapját az adja, hogy a tehén közelítse meg a 32.000 kg tejet életteljesítményként (Hofstetter et al., 2014), ezért ezen *'low output'* gazdasági modell egyik legfőbb jellemzője a hosszú hasznos élettartam (Essl, 1982), mivel a haszonállat a harmadik negyedik laktációra éri el termelési maximumát (Knaus, 2008). A tömegtakarmányra alapozott takarmányozás lehetővé teszi a 4 átlag zárt laktáció elérését (Horn et al., 2012). Jelenleg 2,2 a hazai átlagos laktációs élettartam (AT Kft Hírlevél, 2016, Szabó-Rácz, 2015), amely USA-ban is hasonló értéket (2,63) mutat jelenleg (De Vries, 2013). A 'low output' rendszer megtérülése tehát hosszútávon várható el, mert a hosszú hasznos élettartam: a potenciális csúcstermelési időszak elérése (3. laktáció) és a költségoptimalizált növendéknevelés teremti meg ennek alapját. A vásárolt termékek minimalizálásával költséghatékony, de limitált termelést produkáló, állatjólléti és állategészségi szempontból támogatható, kis beruházás igényű és hosszútávon fenntartható gazdasági modellt jelent. Az input és az import input kockázata ebben a rendszerben a legkisebb, a működés kevéssé kitett a piaci változásoknak. Főbb indikátorok: az import input takarmány a teljes takarmányozási költség nem több, mint 25%-a; az átlagos hasznos élettartam legalább 4 zárt laktáció, életteljesítmény minimum 32.000 kg tej tehenenként.

2. High input - high output (intenzív): elvi alapjait tekintve ezen gazdasági modell a legelterjedtebben követett rendszer a hazai gyakorlatban. A jelenlegi gazdasági helyzetben (teleprekonstrukcióból adódó hitelállomány-kinnlevőség) a cél az output maximalizálása. A cirkularitás szempontjából, a biodiverzitás növelését tekintve nem optimális modell, mert az import input oldal csökkentésére kevés a lehetőség, de gazdasági szempontból mégis fenntartható ez a gazdasági rendszer is. A modell kitettsége jelentős és a társadalmi elfogadottság tekintetében is kifogásolható. A nagy volumenű kibocsátás miatt, a linearitás aktív szerepet kap a rendszer működtetésében. Hozzá kell tenni, hogy ugyan elvi alapjaiban ez a rendszer az általános hazánkban, de a termelés volumenében (output) a hazai valóság elmarad a kitűzött céltól. Ennek elsősorban menedzsment okai vannak. A *high input* gazdasági modell alapja a csúcslaktáció időszakában a maximum 50% abrakra alapozott takarmányozás (minimum 50% tömegtakarmány-hányad szárazanyag-alapon megadva), átlagos tömegtakarmány-minőséggel. A termelési volumen ebben a minimum 11.000 kg laktációs termelés (305 napra) lenne a jövőben. Ezt a termelési szintet az abrakhányad maximalizálásával érik el. A takarmányminőség javításával természetesen csökkenthető az abrakhányad, de a termelési szint nem teszi lehetővé a 60% feletti tömegtakarmány-hányad elérését, ezért képez külön típust ez a termelési rendszer. Azzal tehetjük fenntarthatóbbá, vagy körkörösebbé ezt a rendszert, ha az abrakköltség minimum 50%-a hazai előállítású lesz – *home grown* mintára. Jelenleg a hazai gyakorlatban a vásárolt abrak- és kiegészítő takarmány az összes abrakhányad költségének 70-80%-át teszi ki és az összes takarmányozási költségnek pedig minimum 45%-át. A 33.000 kg tej életteljesítményt célként kitűzve, a rendszer akkor válik fenntarthatóvá, ha a hasznos élettartam megközelíti a 3 zárt laktációt ezzel a takarmányozási rendszerrel. Ezen indikátorérték elérése hosszú távú fejlesztőmunkát, gondos kivitelezést és kiváló telepirányítást igényel, de célként való kitűzése szükségszerű, mert minden gazdasági modell minimumkövetelménye, hogy a termelő tehén elérje potenciális csúcstermelési időszakát és a hasznos élettartam alatt képes legyen fedezni a nevelés és a termelés önköltségét. Főbb indikátorok: az import input takarmány a teljes takarmányozási költség nem több, mint 40%-a; az átlagos hasznos élettartam legalább 3 zárt laktáció, életteljesítmény minimum 33.000 kg tej tehenenként. Fontos megemlíteni, hogy ebben a technológiai rendszerben jelentős lehet az állategészségügyi költség, az idő előtti selejtezés és az elhullás járulékos költsége.

3. Low input - high output (optimalizált): Ezen gazdasági modell esetében az output hozamok maximalizálása a cél, úgy, hogy a rendszer biológiai és technológiai körkörössége is maximálisan biztosítva legyen. A *low-input* talaj-növény-állat-trágya-talaj cirkularitást közelítő modell alapja a szántóföldi növénytermesztésre alapozott, saját termesztésű, *'excellent'* átlagminőségű tömegtakarmány (minimum 6 MJ/kg sza. fajlagos nettó energiatartalommal és minimum 60% rostemészthetőséggel), valamint a nagyarányú hazai előállítású fehérjehordozó (*home grown protein*), továbbá a csúcslaktáció időszakában a minimum 60% tömegtakarmány-hányad alapú (szárazanyag-alapon megadva) takarmányozási modell. A termelési volumen ebben a gazdasági modellben a minimum 9500 kg laktációs termelés (305 napra). Ez a termelési szint úgy érhető el, ha valamennyi (nem silókukorica alapú) tömegtakarmány átlagos nettóenergia-tartalma eléri átlagosan a 6 MJ/kg sza. értéket, azaz csúcsminőségű szántóföldi tömegtakarmányokat állít elő a gazdaság és a takarmányadag (TMR) NDF-emészthetősége megközelíti a 60%-ot. A 33.250 kg tej életteljesítményt célként kitűzve reális elvárás, hogy a hasznos élettartam érje el a 3,5 zárt laktációt ezzel a takarmányozási rendszerrel. Főbb indikátorok: az import input takarmány a teljes takarmányozási költség nem több, mint 30%-a; az átlagos hasznos élettartam legalább 3,5 zárt laktáció, életteljesítmény minimum 33.250 kg tej tehenenként.

A gazdasági modellekben leírt adatok saját számítások, melyek az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. országos adatbázisán alapulnak. A három jellemző tejtermelési modell alaptulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze, melyekkel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy a modellek leírása során nem az volt a cél, hogy minden termelési vagy gazdálkodási típust bemutassunk, hanem elsősorban a magyarországi tejtermelést alapjaiban meghatározó rendszerek (alapvetően fejőházas termelést folytató vállalkozások) fejleszthetőségéhez, fenntartható gazdálkodásához tudjunk irányokat megjelölni. Jelentős különbség, hogy a magyarországi és a holland üzemi gyakorlat között az ökológiai- vagy biotej előállításának módja eltér. Hollandiában kizárólag legeltetésből származhat a biotermék, Magyarországon alapvetően ez tej is szántóföldi takarmányokra alapozott termelésből kerül a fogyasztókhoz.

1. táblázat A három jellemző magyarországi technológiai modell elemzése
(Forrás: saját kutatás az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. adatbázisa alapján)

INDIKÁTOR		LOW INPUT – LOW OUTPUT (EXTENZÍV)	HIGH INPUT – HIGH OUTPUT (INTENZÍV)	LOW INPUT – HIGH OUTPUT (OPTIMALIZÁLT)
CIRKULARITÁS ASPEKTUSAI	Tápanyagok körforgása (✓- legkisebb)	✓✓✓	✓	✓✓
	ÜHG emisszió/kg tej (a bendőbeli folyamatokra vonatkoztatva, ✓- legkisebb)	✓✓✓	✓	✓✓
	Biodiverzitás (✓- legkisebb) a szántóföldi növénytermesztésre vonatkoztatva	✓✓✓	✓	✓✓
	Selejtezés, elhullás (✓- legkisebb)	✓	✓✓✓	✓✓
	Anyagáramok szállítása, input-output arány (anyagfelhasználás hatékonysága)	✓✓	✓	✓✓✓
TÁRSADALMI MEGÍTÉLÉS	Támogatottság (✓- legkisebb)	✓✓✓	✓	✓✓
TERMELÉS	Laktációs termelés (305 nap)	min. 8000 kg/tehén	min. 11.000 kg/tehén	min. 9000 kg/tehén
	Fejési átlag	min. 25 kg/nap/tehén	min. 35 kg/nap/tehén	min. 30 kg/nap/tehén
	Hasznos élettartam (zárt laktációk átlagos száma)	min. 4	min. 3	min. 3,5
	Életteljesítmény (tej kg/tehén)	min. 32.000 kg/tehén	min. 33.000 kg/tehén	min. 33.250 kg/tehén
	TMR: tömegtakarmány hányad a csúcstermelés időszakában	min. 70%	min. 50%	min. 60%
	Tömegtakarmány minőség	átlagos	átlagos	kiváló (6 MJ/kg sza. NEl) és min. 60% TMR NDFd
	Home grown abrak/összabrak	min. 80 %	min. 50%	min. 60 %
	Import input takarmányköltség	max. 25%	max. 40%	max. 30%

Az életciklus elemzés és benchmarking együttes alkalmazása a cirkularitás vizsgálatában

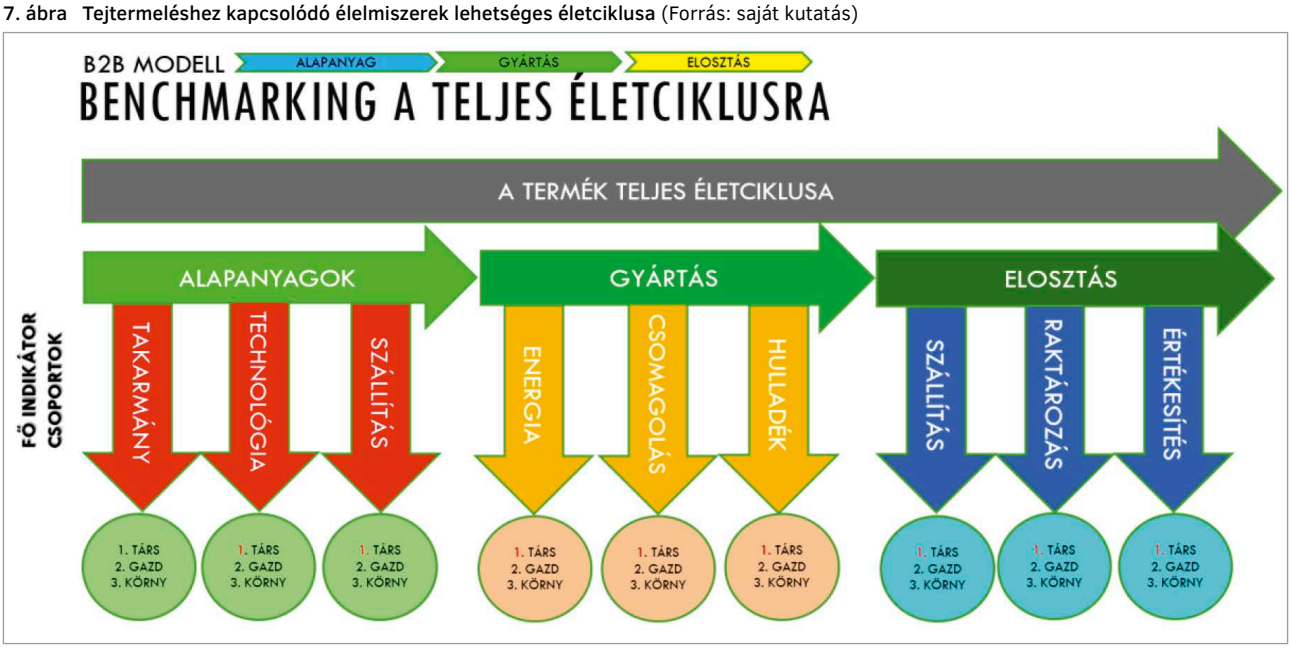
Annak érdekében, hogy valamilyen, a holland gyakorlatot követő, körkörös gazdaság irányába kijelölhető utat tudjunk meghatározni a hazai termelés számára, arra a következtetésre jutottunk, hogy az egyes gazdaságok esetében célszerű az adott gazdasági egységre jellemző erőforrás-felhasználási, piaci és társadalmi körülmények sajátosságait bevonni a konkrét elemzésbe, mely szempontokhoz a cirkulárist fokozó eszközrendszerek is szükségszerűen hozzárendelhetők.

Az újszerű, holisztikus megközelítés révén akár az előállított termék vonatkozásában, akár a rendszer egésze szempontjából is meghatározhatók a cirkularitás jellemző paraméterei és feltárhatók a fenntarthatósági fokot csökkentő rendszerhiányosság. A tejtermelési folyamatok jellemzésére tehát egy olyan elméleti modellt állítottunk fel, amely a teljes életciklust vizsgálja, de az egyes szakaszokat homogenitásuk alapján mégis külön-külön tudja kezelni (7. ábra).

A termelési rendszerekben jól alkalmazható az életciklus elemzés (LCA) módszere, melyet tejtermelés gyakorlatában is megnyugtató biztonsággal alkalmazhatunk. A körkörös rendszerekhez való illeszkedés fokát az LCA szakaszok alapján *(Alapanyagok – Gyártás - Elosztás),* illetve a szakaszokhoz rendelt fő és alcsoportos indikátorokkal vizsgálhatjuk meg (7. ábra). A fő indikátorcsoportok meghatározása szakértői döntés alapján, három kiemelt termelési elem körül fogalmazódik meg. A fő indikátorokat további három alcsoportra bontjuk, melyeken belül technológiai, gazdasági és környezeti indikátorokat határozunk meg. Az LCA vizsgálatokat benchmarking módszerrel bővítve végezhetjük el, melynek során a rendszer alapállapota és célállapota kerül meghatározásra. A két állapot által meghatározott eltérés jelenti majd a körkör gazdasági állapot felé vezető fejlesztések jellegének keretfeltételét. A kialakított modell adatokkal való feltöltése, illetve működésének vizsgálata a kutatás jelen fázisában csak az alapanyagok előállításának orientációs vizsgálatára terjed ki, mely vizsgálattal a felvázolt magyarországi rendszerek, bár csak alaptulajdonságaikat tekintve, de összehasonlíthatóvá válnak a vizsgált holland rendszerekkel (8. ábra).

Az alapanyag-termelés esetében vizsgált indikátorok a takarmánytermeléshez, az alkalmazott technológia fenntarthatóságá-

7. ábra Tejtermeléshez kapcsolódó élelmiszerek lehetséges életciklusa (Forrás: saját kutatás)



hoz, valamint a rendszer működtetéséhez kapcsolódó szállítási igények társadalmi/gazdasági/környezeti aspektusainak elemzésével összegezhetők. Az elemzések eredményeit összevetve határoztuk meg a Circular Economy Value, azaz CEV %-os értéket, amelyet a holland circular economy értelmezés szerint optimálisnak (CEV % = 100) tartott technológia (5. ábra) jelent. Az elemzés összefoglaló adatait mutatja be az alkalmazott technológiák szerint a 2. táblázat. A hazai extenzív (LILO), intenzív (HIHO) és optimalizált (LIHO) rendszerek működési feltételei esetében tisztáznunk kell, hogy összehasonlítva a holland modell kategóriákkal, a hazai rendszerek átlagosan 8.000 -11.000 kg/tehén/laktáció hozamindex értéke, nem sokkal haladja meg a holland extenzív modell output értékét. A holland és magyar rendszer elemeinek összehasonlítása tehát meglehetősen nehéz, mert az input oldal teljesen eltérő karakterisztikája, illetve az output dimenziók összevetése révén, sok esetben téves következtetést is levonhatunk.

Összefoglalás

A holland cirkuláris modellek alapján megállapíthattuk, hogy a lineáris termelési modellek, a fenntarthatóságot támogató cirkuláris rendszerbe történő átterelése jól leírható azokban a termelési rendszerekben, amelyekben a keresleti és kínálati összefüggések világosan értelmezhetők, az egyes erőforrások felhasználását nem befolyásolják gyakori intervenciós folyamatok. A holland példa alapján jól látható az is, hogy a körkörös gazdasági alapelvek segíthetnek összeegyeztetni a versenyképességet és a fenntarthatóságot. Ennek oka, hogy a körkörös gazdaság segít szétválasztani a gazdasági növekedést az erőforrások korlátlan fogyasztásától, ezzel nettó pozitív hatást tud elérni azok megújuló képességre. A holland vizsgálatok elemzése során világossá vált, hogy sem a nagyarányú negatív sem a nagyarányú pozitív externáliák nem tarthatók meg a körkörös termelési rendszerekben. A túl sok pozitív externália jelenléte rontja pénzügyi fenntarthatóságot, amint azt az extenzív holland modell esetében láttuk, a túl sok negatív externália (lényegében import tartalom) bár olcsóbb terméket jelent a piacon, de társadalmilag mégsem elfogadható. A hazai tejtermelési rendszereket a holland indikátorok alapján - a technológiai eltérések miatt - nem tudtuk megfelelően kategorizálni, ezért abban a termelési mérettartományban alakítottuk ki három jellemző termelési kategóriát (extenzív, intenzív és optimalizált) vagy modellt, amelyek legalább 200 számosállattal rendelkeznek és fejőházi fejést folytatnak. Ez a termelési közeg a magyarországi tejtermelés hozzávetőleg 90 %-át fedi le, az EU-s gyakorlatnak is megfelelő trágyakezelést alkalmaz, megfelelő technológiai színvonalú fejőházzal és istállóval rendelkezik, illetve termelési stratégiájának megválasztása során már törekedhet a fenntartható vagy körkörös rendszer-átalakítások elérésére.

Az egyes termelési modellekhez alkalmazott indikátorok paraméterezésével, valamint a Circular Economic Value (CEV) értékek meghatározása révén világos képet kaptunk a magyar tejtermelés technológiai megoldásainak fenntarthatósági szintjéről. Az 1. Függelékben található részletes elemző táblázatból jól látható, hogy intenzív (HIHO) termelési rendszerek több olyan lineáris termelési komponenst is tartalmaznak, melyek nem az egyes folyamatok zárt ciklusú fejlődésének irányába terelik a rendszeralkalmazásokat. A 63,10 %-os CEV érték jelentős korrekciós kényszert jelenthet a jövőben azoknak a gazdasági szereplőknek, akik ezt a termelési stratégiát választják a gazdaságuk számára. Az extenzív (LILO) és optimalizált (LIHO) rendszer modellek esetében azt látjuk, hogy lényegesen zártabb, a cirkuláris megoldásokat sokkal fegyelmezettebben követő modellekről van szó (CEV % = 73). Az elméleti összefüggések alapján azt várhatnánk, hogy az extenzív modell (LILO) teljesít jobban a CEV érték kalkulációja során, mégis azt kellett tapasztalnunk, hogy az optimalizált, low-inputtal és high-outputtal működő modellünk esetében kaptunk magasabb CEV értéket az elemzés végén. Ez az összefüggés is jól mutatja, hogy azok a rendszerek preferáltak akár a fenntarthatóság, akár a körkörös rendszerértelmezések során, amelyek a legkevesebb (pozitív és negatív) externáliával terhelik a rendszerfolyamatot, illetve ezeket az extern hatásokat hosszú távon is képesek elkerülni. Ebben az összefüggésben a holland és magyar tejtermelési modellek vizsgálati eredménye teljes mértékben megegyezett.

A magyarországi modellek esetében javasolt, a körkörös gazdasági gyakorlat megvalósításának irányába történő elmozdulás érdekében, általános célként tűzhető ki, a selejtezési arányok jelentős (10-80 %-os) csökkentése, ami alapvető változásokat hozhat a szektor környezeti kibocsátásai vonatkozásában (energia, víz és hulladékgazdálkodás egyaránt). Az extenzív rendszerek (LILO) esetében az üvegházhatású gázok kibocsátásnak csökkentése lehet cél a takarmányozási gyakorlat keretében, mellyel egyben a gazdaságossági mutatók is javíthatók. Az intenzív (HIHO) rendszerek fenntarthatósága vagy cirkularitásának fokozása érdekében tehető egyik legfontosabb lépés a takarmányok input tartalmának csökkentése, mely révén az importpiaci kockázatok elkerülése és a rendszer biodiverzitásra gyakorolt pozitív hatása is fokozható. Az intenzív rendszereknél selejtezés drasztikus redukálása, mind hulladékgazdálkodásban, mind az állati teljesítmények hatékonyabb kihasználásában jelentős változást hozhat. Az optimalizált modell (LIHO) esetében jelentős előrelépés tehető a cirkuláris rendszerek irányába a *home grown*

2. táblázat A vizsgált technológiai rendszerek és a hozzájuk kapcsolódó CEV% értékek
(Forrás: saját kutatás)

TECHNOLÓGIA	VIZSGÁLT INDIKÁTOROK	CEV ÉRTÉK %
LOW INPUT –LOW OUTPUT (LILO) (EXTENZÍV)	Takarmány-termelés	68,00 %
	Technológiai alkalmazás	76,00 %
	Szállítás összesen	74,00 %
	ΣCEV_{LILO}	**72,60 %**
HIGH-INPUT –HIGH OUTPUT (HIHO) (INTENZÍV)	Takarmány-termelés	58,00 %
	Technológiai alkalmazás	66,00 %
	Szállítás összesen	60,00 %
	ΣCEV_{HIHO}	**61,30 %**
LOW-INPUT –HIGH OUTPUT (LIHO) (OPTIMALIZÁLT)	Takarmány-termelés	71,00 %
	Technológiai alkalmazás	74,00 %
	Szállítás összesen	74,00 %
	ΣCEV_{LIHO}	**73,00 %**
ALAPANYAG-TERMELÉS CEV ÉRTÉKE:		61,3 % és 73 % KÖZÖTT MOZOG

protein takarmányok arányának növelésével a takarmányozási gyakorlatban, valamint a tömegtakarmányok arányának olyan cél specifikus növelése, amely figyelembe veszi az ÜHG kibocsátási aspektusokat és a laktációs szakaszt is.

Irodalomjegyzék

[1] Agrawal V. V., Kavadias S., Toktay L. B. (2015): The limits of planned obscolescence for conspicuous durable goods. Manufacturing & Service Operations Management, Vol 18., Issue 2, pp. 216-226. DOI: 10.1287/msom.2015.0554

[2] Albert De Vries (2013) Cow longevity economics: The cost benefit of keeping the cow in the herd, Cow Longevity Conference 2013, Milkproduction.com, Link: http://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Management/Cow-longevity-economics-The-cost-benefit-of-keeping-the-cow-in-the-herd/

[3] Ambler, A. (2017): SUSTAINABILITY: Chair Anthony Ambler's Message on Sustainable Development. Swish Group of Companies, Canada,https://swishclean.com/switchcountry.htm?Country=USA&Page=GENERIC%20Z15&ECINFO=SUSTAINABILITY

[4] AT Kft Hírlevél (2016) Az „A" módszerrel ellenőrzött tehenészetek legjobbjainak megyei rangsorai. AT Kft. Kiadványa http://www.atkft.hu/documents/pthl/ujsag1603.pdf

[5] Bakosné B. M. (2016): Az életciklus-elemzés módszerének használata és karbonlábnyom számítás alapjai [The basis of LCA and carbon footprint calculations]. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, pp. 40.

[6] Bulow, J. (1986) An Economic Theory of Planned Obsolescence-Oxford University Press, The Quarterly Journal of Economics. Volume: 101 (1986) Issue: 4, pp. 729-749

[7] Camp R. C. (1992): Learning from the best leads to superior performance, Journal of Business Strategy, Vol. 13. Issue 3, pp. 3-6.

[8] Duastin Benton, Jonny Hazel, Julie Hill (2016): The Guide to the Circulaer Economy. Greenleaf Publishing Limited, UK, 2014

[9] Ellen MacArthur Fundation Team (2014) Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. Word Economic Forum Report, 2014 Link: http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

[10] Essl, A (1982): Investigations on a breeding strategy for high lifetime production in dairy cows. Second communication: results of an analysis of field data. Z¨uchtungskunde 54:361–377

[11] Fogarassy Cs., Böröcz M. (2014): Externality analysis of sustainable cattle breeding systems. Hungarian Agricultural Engineering. Vol. 26. pp. 5-10

[12] Hofstetter, H., J. Frey, C. Gazzarin, U. Wyss, P. Kunz (2014) Animal Research Paper: Dairy farming: indoor v. pasture-based feeding. Journal of Agricultural Science (2014), 152, 994–1011.

[13] Ken Webster (2015): The Circular Economy – A Wealth of flows. Ellen MacArthur Fundation, UK, 2015

[14] Knaus (2008): Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. J Sci Food Agric 2009; 89: 1107–1114 DOI 10.1002/jsfa.3575

[15] Kraaijenhagen, Cecile van Open, Nancy Bocken (2016): Circular Business – Collaborate and Circulate. Ecodrukkers, Holland, 2016

[16] Marc de Wit, Matthieu Bardout, Shyaam Ramkumar, Ben Kubbinga (2016): The Circular Dairy Economy - Exploring the business case for a farmer led, 'net-positive' circular dairy sector. Publisher: Circle Economy / FrieslandCampina in Holland, 2016

[17] Marco Horn, Wilhelm Knaus, Leopold Kirner, Andreas Steinwidder (2012) Economic Evaluation of Longevity in Organic Dairy Farming In: RAHMANN G & GODINHO D (Ed.) (2012): Tackling the Future Challenges of Organic Animal Husbandry. Proceedings of the 2nd OAHC, Hamburg/Trenthorst, Germany, Sep 12-14, 2012 pp. 265-267

[18] Szabó A., Rácz H. (2015): Hazai tejtermelés-ellenőrzés alá vont állományok adatai. Országos zárás 2015.01.01-2015.12.31. Partnertájékoztató Hírlevél XVI. évfolyam 3. szám pp. 10-11.

[19] Szlávik J. (2005): Fenntartható környezet- és erőforrásgazdálkodás, KJK-Kerszöv Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest, pp. 24.

[20] Tóth G. (2007): A valóban felelős vállalat, A fenntarthatatlan fejlődésről, a vállalatok társadalmi felelősségének (CSR) eszközeiről és a mélyebb stratégiai megközelítésről, pp. 23.

[21] Tukker A. (2015): Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. Journal of Cleaner Production, Vol. 97., pp. 76-91. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.049

Függelék 1

A körkörös gazdasági érték (CEV) számításhoz kapcsolódó összesítő táblázat
(AT Kft. adatbázisa és szakértői becslés alapján kalkulált adatokkal értékelve)

INDIKÁTOR TAKARMÁNY	TAK_{LILO}	TAK_{HIHO}	TAK_{LIHO}
Tápanyag körforgás	0.70	0.50	0.65
Társadalmi megítélés, támogatás	0.75	0.50	0.60
Tömegtakarmány hányad	0.70	0.50	0.60
Tömegtakarmány minőség	0.65	0.65	0.95
ÜHG emisszió takarmány (emésztésből)	0.60	0.75	0.75
CEV ÉRTÉK %	**68 %**	**58 %**	**71 %**

INDIKÁTOR TECHNOLÓGIA	TEC_{LILO}	TEC_{HIHO}	TEC_{LIHO}
Import input takarmányköltség, és ennek hatása a cirkularitásra	0.75	0.60	0.70
Biodiverzitás növelése	0.85	0.50	0.75
Laktációs termelés	0.70	0.85	0,80
Fejési átlag	0.65	0.85	0.75
Hasznos élettartam, laktáció	0.80	0.50	0.70
CEV ÉRTÉK %	**76 %**	**66 %**	**74 %**

INDIKÁTOR SZÁLLÍTÁS	TRA_{LILO}	TRA_{HIHO}	TRA_{LIHO}
Home grown protein takarmány felhasználás	0.80	0.50	0.60
Import input takarmány (költség), és ennek hatása a szállítás csökkentésére	0.75	0.60	0.75
A tejfeldolgozás helye (kedvezőtlenebb érték a nagyobb export arány és szállítást jelent)	0.60	0.80	0.70
Selejtezés, hulladék szállítás elkerülése (ATEV költség, beteg állatok eladása)	0.85	0.50	0.85
Anyagáramok szállítása, input-output arány (anyagfelhasználás hatékonysága)	0.70	0.60	0.80
CEV ÉRTÉK %	**74 %**	**60 %**	**74%**

SUM CEV %	**72,6 %**	**61,3 %**	**73 %**

Circularitást befolyásoló tulajdonság:
Circularitást erősen támogató tulajdonság:

CEV %: azt fejezi ki, hogy a teljes cirkulációt megvalósító, azaz optimalizált rendszer szempontjából a vizsgált rendszer vagy rendszerelem, a vizsgálat időpontjában átlagosan hogyan teljesít (cirkuláris keretek maximumának (100 %) meghatározása a holland minta alapján történt, lásd. 5. ábra).

Rövidítések

$TAK_{LILO, HIHO, LIHO}$ = a takarmány-termeléshez kapcsolódó indikátor értékek az egyes technológiai változatoknál
$TEC_{LIHO, HIHO, LIHO}$ = az alkalmazott technológiához kapcsolódó indikátor értékek az egyes technológiai változatoknál
$TRA_{LIHO, HIHO, LIHO}$ = a szállítási szükségletekhez kapcsolódó indikátor értékek az egyes technológiai változatoknál

Élelmiszertermelés és fogyasztás a körkörös gazdaságban – mi is számít valóban élelmiszerpazarlásnak?

Horváth Bálint [1] – Bartha Ákos [1] – Bakos Izabella Mária [2] – Bakosné Dr. Böröcz Mária [1]

[1] Klímagazdaságtani Elemző- és Kutatóközpont, Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
[2] Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet, Szent István Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Bevezetés

Azon szervezetek, melyek az emberi tevékenységből származó hulladékmennyiség visszaszorítására próbálják meg felhívni a figyelmet, régóta használják a '3R' néven elhíresült szlogent. Az 'R' betűk az angol nyelvből származó csökkentés (Reduce), újrahasznosítás (Recycle) és újrahasználat (Reuse) szavakat szimbolizálják. Ezen alapelvekre támaszkodik a napjainkban egyre szélesebb teret hódító, alternatív gazdasági felfogás, a körkörös gazdaság (Circular Economy) (Sauvé et al., 2016). A koncepció válaszként született a XXI. század elejéig uralkodó, lineáris gazdasági szemléletre, mely az új erőforrások felhasználásán alapuló termelést, majd a termékek hasznos élettartamuk (End of Life) utáni eldobását részesíti előnyben (Pearce, 1992; EMF, 2015). Ennek az 'elvesz-termel-eldob' (take-make-dispose) modellnek az egyre jobban érzékelhető holtteher-vesztesége ösztönözte korunk közgazdászait arra, hogy elkezdjenek odafigyelni a környezetvédők intelmeire.

Egy, a természettel foglalkozó szakember számára nem véletlenül tűnhet ellentmondásosnak a gazdaság jelenlegi, pazarló formája, hiszen a természetben a hulladék fogalma nem ismert. A természetes ökoszisztémák körforgásában az egyik létforma által létrehozott végtermék minden esetben tápanyagként szolgál egy másik számára. Elképzelhetetlen, hogy a természetben bármilyen élőlény is olyan 'outputot' hozzon létre, amely ne jelentene 'inputot' más szervezetek számára (Sherrat, 2013). A természetes élővilág egy további fontos jellemzője, hogy a túlfogyasztás jelensége szintén ismeretlen. Az emberiségnek a történelem korai szakaszaiban az állatokhoz hasonlóan vadászó, gyűjtögető, majd a későbbiekben önmaga számára termelő tevékenységet kellett folytatnia a szükséges táplálék megszerzéséhez. Mára viszont ezeket a folyamatokat felváltották a mesterséges ellátórendszerek. Az így egyre olcsóbbá és könnyebben beszerezhetővé váló élelmiszerek indukálták a napjainkban megfigyelhető, néha már mértéktelen fogyasztás kialakulását (Szaky, 2014).

Az így megjelenő élelmiszerpazarlás hiába vált a XXI. század egyik legnépszerűbb kutatási területévé, máig nincs általánosan elismert definíciója. Ennek oka többek között, hogy bár a téma számos terület (logisztika, környezetvédelem, élelmiszerbiológia) kutatóit megmozgatta, mégis hiányzik a vizsgálatából a holisztikus szemlélet alkalmazása. Az alábbi cikk célja, hogy átfogó képet nyújtson a jelenséget befolyásoló tényezőkről és bemutassa az élelmiszerpazarlás kiváltó okait a termelési rendszereken, üzleti modelleken, egészségügyi és kulturális perspektívákon keresztül.

A mesterséges ellátási rendszerek anomáliái

A globalizáció hatására átalakuló termelési rendszerek és azok társadalmi-gazdasági-környezeti következményei egy meglehetősen szerteágazó kutatási területet jelentenek. A jelen tanulmány főként egy aspektust emel ki, az önellátó funkció folyamatos megszűnését a globalizáció beköszöntével. A körkörös gazdaság ideája hallatán, az idősebb generáció tagjai gyakran emelik ki, hogy az ő gyermekkorukban – vagy legalább 1-2 generációval azelőtt – még a koncepcióhoz hasonló körülmények voltak érvényben. 100-150 éve az emberiség jelentős része – még a fejlett országokban is – önellátó paraszttársadalmakban élt, amelyekben helyi erőforrásokból termeltek és javarészt szezonális élelmiszereket fogyasztottak. Ez az életmód a jelenkori digitális világhoz képest egy sokkal elszigeteltebb létformát jelentett. Ettől függetlenül a társadalom tagjai kevésbé voltak kitéve a piac ingadozásainak és más kedvezőtlen hatásainak (Simai, 2015).

Az alábbi létforma a globalizáció térnyerésével és a népesség növekedésével folyamatosan kezdett eltűnni az élet számos területén. Az energetikai rendszerek megjelenésével robusztus energiatermelő üzemek jöttek létre, amelyek centralizált jelleggel szolgálták ki az embereket. Ehhez hasonló berendezkedéssel bírnak az ipari termelési egységek. Míg a korábbi időkben jellemző volt, hogy az emberek maguk hozták létre használati eszközeiket és gondoskodtak azok fenntartásáról, mára ezek a viszonyok is megváltoztak. Napjainkban különböző vállalatok látnak el bennünket az általunk mindennaposan használt javakkal és üzleti politikájuknak részét képezi ezen tárgyak élethosszának tudatos lerövidítése és karbantartásuk ellehetetlenítése (Bulow, 1986; Agrawal et al., 2015). A modern üzleti modellek világában alapvető elváráskénti jelenik meg az úgynevezett „lock-in" (azaz bezárási) effekt, amely során a fogyasztót akaratán kívül láncolja magához egy-egy gyártó vagy vállalat. A XXI. századi ember és az ellátási rendszerek között kialakult viszony jellemzésére a legjobb szó mindezek alapján a 'függőség'.

Társadalmi perspektívából nézve, a körkörös gazdaság és az alapjául szolgáló koncepciók (pl. kék gazdaság, bölcsőtől a bölcsőig, regeneratív dizájn) túlmutatnak az erőforrások optimális felhasználásán és a fenntartható termelés megvalósításán. Sokkal inkább egy olyan újszerű társadalmi berendezkedéshez vezetnek, amelyet a régi világ mintájára önellátó, termelési rendszerektől kevésbé függő emberek alkotnak. Nyugat- és Észak-Európai országokban a virágzásukat élik az energiaközösségek, melyek keretén belül társadalmi csoportok tömörülnek szövetkezeti formába és alakítanak ki megújuló energián alapuló, decentralizált energiatermelési rendszereket. Ennek hatására Németországban az utóbbi években megjelentek az 'energiafüggetlenség' és az 'energia demokrácia' fogalmak (Sáfián-Munkácsy, 2015). Ezek az ideák egy olyan új energiatermelési paradigmát vetítenek előre, amelynek keretén belül az emberiség tagjai demokratikus módon dönthetnek az önmaguk által felhasznált energia forrásáról, mértékéről és áráról. Az iparban forradalmi újításnak számít a 3D nyomtatás megjelenése és sokak szerint alapja lehet annak, hogy a jövőben az emberek újra képesek legyenek a használati eszközeik saját kezű előállítására.

Utóbbi természetesen még utópisztikusan hangzik – és jelentős veszélyeket is rejt magában – ám sokkal fontosabb a kezdeményezés üzenete. Ugyanis mind az energiaközösségek megjelenése, mind a 3D nyomtatás jelzi, hogy az emberek függetlenedni szeretnének a központosított ellátási rendszerektől és olyan üzleti model-

leken, innovatív találmányokon dolgoznak, amelyek lehetővé teszik ezt számukra. Az ipari és energiatermelés irányába tett szükséges kitérő után a tanulmány következő fejezete arra koncentrál, hogy az önellátásból a globális ellátási rendszerek felé vezető út hogyan változtatta meg az élelmiszertermelési és fogyasztási viszonyokat.

Az élelmiszertermelés szerepe az élelmiszerhulladék keletkezésében

A XIX. század második felében és a XX. században végbemenő társadalmi-gazdasági paradigmaváltás – az ipari és energiatermelés mellett – komoly hatással volt az élelmiszerek piaci viszonyaira is. A növekvő népesség jelentős mezőgazdasági struktúraváltást eredményezett és egyre nagyobb teret nyertek a nagyméretű, gazdaságosabb termelési formák. A folyamat következtében az élelmiszerek egy több szereplőt érintő ellátási láncon keresztül jutottak el a termelőtől a fogyasztóig. Idővel általánossá vált, hogy a fogyasztók nem ismerték az általuk vásárolt élelmiszer előállítóját, hiszen az más országokból, esetleg más kontinensekről érkezett. A jelenség egyik következménye lett a lokális piacok háttérbe szorulása. Ennek eredményeként jelentek meg később olyan kezdeményezések, melyek a helyi gazdaságokhoz való visszatérést szorgalmazták (Kline-Moretti, 2014). A globális piaci rendszerek kialakulása ugyanis jelentős károkat okozott a fenntarthatóság minden aspektusát (társadalom/gazdaság/környezet) tekintve. A fejlettebb fogyasztói kultúrával rendelkező országokban megfigyelhető, hogy a társadalom tagjai egyértelműen preferálják nem csak a hazai, de kifejezetten azon termékeket, amelyek hozzájuk közeli, számukra ismert forrásokból származnak. A napjainkban terjedő, egészséges életmódot hirdető irányzatok között is gyakori a szezonalitáson és földrajzi közelségen alapuló diéták megjelenése.

Ezen a ponton merül fel a kérdés, hogy a körkörös gazdaság kulcsa vajon a 100-150 évvel ezelőtti berendezkedés helyreállításában rejlik? Természetesen ez az állítás közel sem helytálló. Annak ellenére, hogy a cikk az eddigiekben nagy hangsúlyt fektetett a régi, önellátó gazdálkodás fenntarthatóságára és bírálta a jelenkorra kialakult, iparosodott termelési rendszereket, nem állítja, hogy a körkörös gazdaság megvalósítása a korábbi gyakorlathoz való visszatérést jelenti. Hiszen a jelenlegi piaci viszonyok és népességszám mellett a hagyományos termelési rendszerek nem bizonyulnak életképesnek (Fogarassy et al., 2016). A körkörös gazdaság egyik legfőbb kihívása, hogy kialakítsa azokat az optimalizált ellátási rendszereket, melyek az ökológiai és nagyüzemi formák közötti járható útként szolgálhatnak. Az élelmiszertermelés a korábban említettek szerint azonban túlmutat az agráriumon. Az élelmiszerpiac kínálati oldalának bővebb elemzéséhez szükséges szemügyre venni azt az ellátási láncot, melyen keresztül az élelmiszerek a termőföldekről a fogyasztó elé kerülnek.

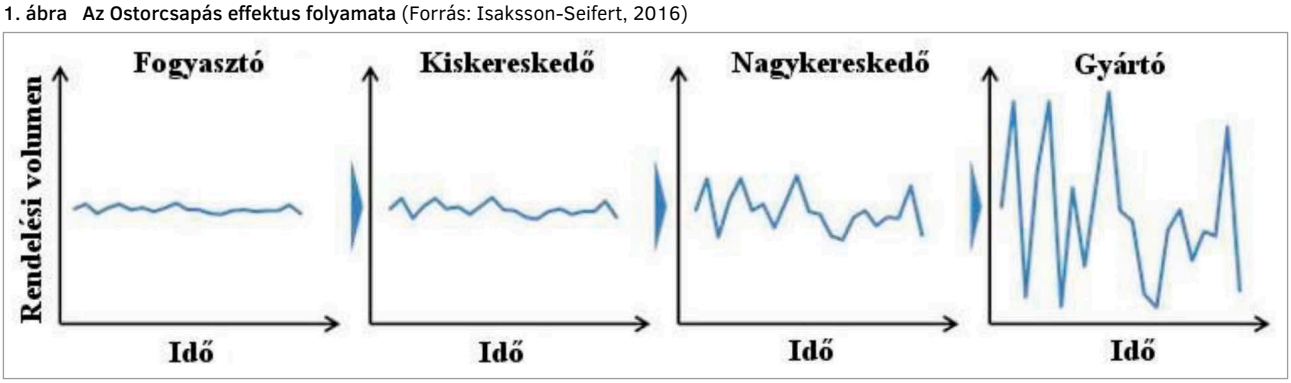
Az élelmiszerpazarlás elleni harc előtt álló logisztikai kihívások

Ahogyan az már szóba került, a globális piacok elterjedése szükségszerűen magával hozta a többszereplős ellátási láncok elterjedését. Ez általában magába foglalja az erőforrások előállítását, az azokkal való termelést, feldolgozást, majd a termékek nagy- és kiskereskedelmi értékesítését. Azoknál a rendszereknél, melyek ilyen nagyszámú szereplővel dolgoznak, a legnagyobb problémát az eltérő folyamatok összehangolása jelenti. Ebből adódik a logisztika területén dolgozók egyik legfőbb kihívása, az 'Ostorcsapás effektus' (Bullwhip effect). A fogalom arra a jelenségre utal, melynek során az ellátási láncon visszafelé haladva – a fogyasztótól a termelőig – a kereslet és az annak hatására felhalmozott készletek egyre nagyobb kilengéseket produkálnak. Ennek egyik fő oka, hogy az ellátó rendszerek mindig a megrendeltnél nagyobb készletekkel szeretnek rendelkezni, felkészülve ezzel a kereslet folyamatos kielégítésére (Isaksson-Seifert, 2016). Így duzzad fel a fogyasztók kezdeti, minimális keresletnövekedése egyre nagyobb megrendelésekké a kis- és nagykereskedőkön át a feldolgozókig és előállítókig (1. ábra).

A jelenség komoly fejtörést okoz szinte minden szektor ellátási rendszereiben, de közülük is talán az élelmiszerpiacot érinti a legjobban. Míg a felesleges készletek más termékek esetében raktározási többletköltséggel járnak, addig az élelmiszerek az elmaradó értékesítés esetén megromlanak, hulladékká válnak. Az élelmiszerpazarlás esetében több kezdeményezés irányul a fogyasztói magatartás vizsgálatára és a fogyasztói tudatosság kiépítésére. Az Ostorcsapás effektus azonban felhívja a figyelmet arra, hogy az élelmiszerek termelési és ellátási mechanizmusai képesek jelentősebb veszteségek előállítására. A jövőre nézve felmerül a kérdés, hogy vajon elegendő lehet-e a gördülékenyebb információáramlás és a logisztikai folyamatok hatékonyabb szervezése a felesleges készletezés elkerüléséhez? Ha a helyi piacok elégtelen kínálatot biztosítanak a népesség igényeihez képest, a robusztus ellátási rendszerek pedig pazarlóan bánnak az erőforrásokkal, hol húzódik a kettő közötti középút?

A választ sokak szerint szintén a logisztika területén kell keresni, egészen pontosan egy fordított mechanizmusú, 'Reverse logistics' nevű rendszerben. A koncepció lényege, hogy a javakhoz eredeti desztinációjuktól való eltérítéssel rendelnek olyan értéket, amelyet eredetileg nem birtokolnának (Hawks, 2006). Azaz, a termelésből és fogyasztásból kieső termékek kezelésén felül gondoskodnak a rendszerbe való újbóli beintegrálásukról. Nyugati országokban már van példa élelmiszerpazarlással kapcsolatos, visszaforgató logisztikán alapuló üzleti modellre. Egyes cégek összekötik a helyi piacok támogatását, a szezonális, egészséges élelmiszerek biztosításával és az élelmiszerhulladék kezelésével. A modelljük azon alapszik, hogy a lakosságot közeli – általában ökológiai ter-

1. ábra Az Ostorcsapás effektus folyamata (Forrás: Isaksson-Seifert, 2016)



melést alkalmazó – farmok termékeivel látják el házhozszállítási rendszeren keresztül. A megrendelőnek pedig lehetőséget biztosítanak arra, hogy a nála megmaradt élelmiszereket a visszafuvarral elszállítják tőle. A kezdeményezés alapvetően környezetbarát, több ponton gondoskodik a környezet megóvásáról, a vállalkozás ökológiai lábnyomának csökkentéséről. Az élelmiszerhulladék kezelése azonban felveti az esetleges hosszútávú holtteher-veszteségek kérdését. A Körkörös Gazdaság alapvető prioritási hierarchiája elveti a hulladék keletkezését és éppen ezért annak kezelését alacsony szinten kezeli. A koncepció célja a probléma megoldása annak kialakulása előtt, azaz a hulladékok létrejöttének csökkentése, elkerülése (Cramer, 2014). Ez a preferenciasorrend figyelhető meg az élelmiszerpazarlás területén is (2. ábra). Ez alapján az üzleti modell hatékonysága megkérdőjelezhetővé válik. Természetesen a modell működik egészen addig, amíg az emberek tényleg a véletlenszerűen rajtuk maradt élelmiszerek elszállítására használják. Kérdés azonban, hogy nem vezet-e a hulladék komposztra való elszállítása olyan mentalitás kialakulásához, mely szerint a fogyasztók elnézőbbek lehetnek az élelmiszerhulladékok képződésénél, hiszen adott azok környezetbarát módon történő kezelése?

2. ábra Az élelmiszerpazarlás piramisa
(Forrás: O'Connor et al., 2014)

Az élelmiszerek fogyasztásának és pazarlásának viszonyai

Az élelmiszerpazarlási piramis szerkezete további kérdéseket vet fel, amelyek már átmenetet képeznek az élelmiszertermékek eddig elemzett kínálati oldalából a kereslet felé. A hulladékkezelés alacsony preferenciája már tisztázásra került. A Körkörös elvek szerint nem a hulladékok hasznosítása a cél, hanem a kifejezett elkerülésük (Cramer, 2014). A hierarchia viszont ezt a területet is tovább differenciálja. Látható, hogy a hulladék elkerülése olyan módon érhető el, amely során az élelmiszer eredeti céljának megfelelően hasznosul, azaz elfogyasztják. A megmaradt – de még fogyasztható – élelmiszereket több háztartásban is állatok etetésére használják, élelmiszerbankokon vagy más módon pedig lehetőség van a rászorulók számára eljuttatni azokat. Ezek a módozatok azonban még mindig nem utalnak a teljes tudatosságra. A Körkörös Gazdaság alapelvei a természetes ökoszisztémák működésén alapszanak (Benton et al., 2015). Ez jelenti egyben az erőforrások létformákon átívelő körforgását és azt, hogy a túlfogyasztás jelensége eleve természetellenes. Így az élelmiszermaradék az állatok és rászorulók etetésén keresztül hiába hasznosul eredeti célja szerint, arra utal, hogy eredeti tulajdonosa többet vett magához, mint amit elfogyasztani képes. Az élelmiszerpazarlási piramis által bemutatott logikai ív egy olyan, tudatos élelmiszerfogyasztási kultúrán alapszik, mely az erőforrások racionális felhasználását vetíti előre. Kiemelhető azonban egy olyan terület, amelyre ez a gondolatmenet nem terjed ki. Vajon ténylegesen a hierarchia legfelső fokára tartozik az a fogyasztó, akinek a háztartásában egyáltalán nem keletkezik élelmiszerhulladék? A válasz a kérdésre nem egyértelmű. A túlfogyasztás ugyanis nem feltétlenül utal csak arra a folyamatra, melynek során a nagymértékű vásárlás vezet a pazarláshoz. Előfordulhat az étkezés során bekövetkező túlzott fogyasztás is, amely egészségügyi szempontból szintén az élelmiszer elvesztegetésének számít.

Az egészségügyi körökben 'túlevésnek' nevezett fogalom nem csak a modern fogyasztói társadalom velejárója, hanem az emberiség történelmének is meghatározó jelensége. Sokan az élelmiszeripari adalékoknak, ízfokozóknak tudják be a túlzott élelmiszerfogyasztásra való hajlamot, ám ez a kérdés ennél sokkal bonyolultabb. Egyik oka a már a bevezetésben is említett civilizációs folyamat. Az emberi társadalom a történelem során egyre inkább szakadt el a természetben is elterjedt beszerzési formáktól (pl. vadászat, halászat, gyűjtögetés). Ezeket termelési és ellátási sémák váltották fel, ami azt jelentette, hogy az emberek könnyebben, sokszor közvetlen munka nélkül juthattak élelmiszerekhez (Szaky, 2014). További kiváltó ok az emberi étkezési szokások kialakulása. A legtöbb ember egy főétkezés után annak rendje szerint érzi azt, hogy a szervezete nem igényel több táplálékot. A modern kultúrákban viszont széles körben elterjedtek a desszertek, vagy az úgynevezett 'rágcsálni valók', amelyek fogyasztása mára szinte természetessé vált az étkezések végén. Bár az ember ezt nem érzékeli az előtte elfogyasztott étellel egyenértékűnek, mégis a magas cukortartalmú desszertek egyértelműen kibillentik a szervezetet a homeosztatikus működéséből. Végül, fontos kérdés az ételek ízesítése is. Nem szükséges egészen az ízfokozó szerekig menni ahhoz, hogy okokat keressünk a túlevésre. Magát a természetes fűszerekkel, növényi anyagokkal történő ízesítést is a célból találták fel őseink, hogy az egyébként íztelen táplálékot jobb ízzel, könnyebben fogyaszthassák el. Ennek köszönhetően viszont az étkezés a létfenntartó funkciója mellett fokozatosan kezdett egyben kulináris élvezetté válni. Így az egyébként desszertet, vagy ízfokozókkal kezelt élelmiszereket nélkülözőkkel is könnyen előfordulhat, hogy a kelleténél több táplálékot vesznek magukhoz. Természetesen a jelen tanulmányban megfogalmazott gondolatok célja nem az, hogy egy radikális, az önfenntartásra korlátozódó életmódot hirdessen. Csupán azt szeretné bemutatni, hogy az eddig népszerűen kutatott termelési, ellátási és fogyasztói kérdéskörökön felül lehet egy élelmiszerbiológiai, egészségügyi vetülete is az élelmiszerpazarlásnak.

Ezzel azonban tovább szélesedik az elemzés fókusza. Egyértelművé válik, hogy az élelmiszerpazarlás túlmutat a mennyiségi kérdésekre korlátozódó hulladékkeletkezési vizsgálatokon. Egy teljeskörű perspektíva kialakításához szükséges a minőségi aspektusok bevonása is. A minőségi élelmezés kérdése viszont már régebben felmerült az élelmiszerellátási prioritások között. Európában az élelmezés biztosításának első komoly, több országra kiterjedő problémái a II. világháború után jelentkeztek. Az Európai Közösség kialakulásának korai szakaszában e célból hozták létre a Közös Agrárpolitikát (KAP), melynek fő célkitűzései között szerepelt a lakosság minél szélesebb körű, biztonságos élelmiszerrel való ellátása (Borocz et al., 2015). Ezek közül főként az utóbbi volt fontos mozzanat. A történelem során az éhezés, az élelmiszerkínálat elégtelensége többször jelentett már problémát, ám az élelmiszerek minőségének kérdésköre innentől kapott nagyobb figyelmet. Napjainkra az egészséges táplálkozás és életmód kialakítása egy kimondottan népszerű trendnek számít. A cikk logikai ívében akarva-akaratlanul is megjelentek az ebbe az irányba mutató jelek. A lokális piacok és szezonális élelmiszerek gazdasági és környezeti

hatása mellett említésre kerültek azok az étrendek, melyek ilyen forrásokból származó élelmiszereken alapulnak. Ezek mentén kijelenthető, hogy az egészséges életmód és táplálkozás közvetlen és közvetett módon kapcsolódik a gazdasági és környezeti fenntarthatóság kérdésköréhez.

Összefoglalás

A fogyasztói társadalom pazarló életmódja, ezen belül is az élelemiszerhulladékok keletkezése korunk egyik legaktuálisabb kutatási területének számítanak. Az elemzés során látható volt, hogy a téma több nézőpontból is megközelíthető. Ennek fő oka azoknak az ellátási láncoknak a megléte, amelyek felváltották a 100-150 évvel ezelőtt még jellemző önellátó termelési formákat. Az élelmiszerpazarlással kapcsolatos vizsgálatoknál megfigyelhető, hogy általában egy-egy tudományterület képviselői végzik őket és főként az élelmiszertermelési és fogyasztási folyamatok csupán egy-egy szereplőjére fókuszálnak. Az agrár szakemberek a mezőgazdasági termelés során keletkező hulladékok csökkentésére koncentrálnak, míg a logisztikával foglalkozók az ellátási lánc mechanizmusait igyekeznek optimalizálni. Végül a fogyasztói magatartás többnyire a marketingkutatásoknak szolgál alapjául. Jelen tanulmány egyik legfontosabb eredménye, hogy a téma átfogó elemzéséhez a jövőben szükség lesz egy holisztikus megközelítésre, amely egy csoportba tömöríti mindezen területeket. Látható ugyanis, hogy amit az egyik ágazat megoldásnak tekint, az nehezen egyeztethető össze egy másik alapelveivel. Ehhez egy új árnyalatot adhat az élelmiszerbiológiai perspektíva. Hiszen, ha beszélhetünk mennyiségi és minőségi élelmezésről/éhezésről, akkor beszélnünk kell a mennyiségi mellett minőségi élelmiszerpazarlásról is. Jelen tanulmány tanulságai kapcsán érdemes fontolóra venni azt is, hogy mennyire relevánsak azok a termelési rendszerek, amelyek valódi tápláléktartalom nélküli – esetleg kifejezetten egészségtelen – élelmiszert állítanak elő.

Felhasznált irodalom

[1] Agrawal, V. V., Kavadias, S. and Toktay, L. B. 2015. The limits of planned obsolescence for conspicuous durable goods. Manufacturing & Service Operations Management, 18 (2), pp. 216-226.

[2] Benton, D., Hazell, J., Hill, J. 2015. The guide to the Circular Economy: Capturing Value and Managing Material Risk. Greenleaf Publishing Limited, UK, pp. 94.

[3] Borocz, M., Szoke, L., Horvath, B. 2016. Possible Climate Friendly Innovation Ways and Technical Solutions in The Agricultural Sector for 2030. Hungarian Agricultural Engineering, 29, pp. 55-59.

[4] Bulow, J. 1986. An economic theory of planned obsolenscence. The Quarterly Journal of Economics, 101 (4), pp. 729-749.

[5] Cramer, J. 2014. Moving towards a circular economy in the Netherlands: Challenges and directions. Utrecht University, pp. 1-9.

[6] Ellen MacArthur Foundation 2015. Towards the Circular Economy. Business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation Publisher, UK, pp. 20.

[7] Fogarassy, Cs., Orosz, Sz., Ozsvári, L. 2016. Evaluating System Development Options in Circular Economies for The Milk Sector – Development Options for Production Systems in The Netherlands and Hungary. Hungarian Agricultural Engineering, 30, pp. 62-74.

[8] Hawks, K. 2006. What is Reverse Logistics? Reverse Logistics Magazine, Winter/Spring 2006.

[9] Isaksson, O. H. D., Seifert, R. W. 2016. Quantifying the Bullwhip Effect Using Two-Echelon Data: A Cross-Industry Empirical Investigation. International Journal of Production Economics, 171 (3), pp. 311-320.

[10] Kline, P., Moretti, E. 2014. People, Place, and Public Policy: Some Simple Welfare Economics of Local Economic Development Programs. Annual Review of Economics, 6, pp. 629-662.

[11] O'Connor, C., Gheoldus, M., Jan, O. 2014. Comparative Study on EU Member States' legislation and practices on food donation, Final Report. pp. 78.

[12] Pearce, D. 1992. Green Economics. Environmental Values, 1 (1), pp. 3-13.

[13] Sáfián, F., Munkácsy, B. 2015. A decentralizált energiarendszer és a közösségi energiatermelés lehetőségei a településfejlesztésben Magyarországon. Földrajzi közlemények, 139 (4), pp. 257-272.

[14] Sauvé, S., Bernard, S., Sloan, P. 2016. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. Environmental Development, 17, pp. 48-56.

[15] Sherratt, A. 2013. Cradle to cradle. Encyclopedia of Corporate Social Responsibility, pp. 630-638.

[16] Simai, M. 2016. A harmadik évezred nyitánya – A zöld fejlődés esélyei és a globális kockázatok. Corvina kiadó, pp. 371.

[17] Szaky, T. 2014. Outsmart waste: the modern idea of garbage and how to think our way out of it. Berrett-Koehler Publishers, California, US, pp. 168.

Megújuló energiatermelés rendszereinek jellemzése

Dr. Tóth László [1] – Bácskai István [2]

[1] Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
[2] NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő

Bevezető

Az élet minden területén energiát használunk fel, energia nélkül ma már nincs emberi élet. Az emberi és állati munkavégzést követően a fa, azaz a biomassza, majd az ipari forradalom után a szén volt a legfontosabb energiaforrás. A 20. század közepe táján hatalmas mértékben megnőtt a szénhidrogének a nyersolaj és a földgáz jelentősége. A harmadik évezred elején az emberiség két nagy kérdés előtt áll, mégpedig, hogyan lesz képes:

– kielégíteni a növekvő energiaigényeit a világnak.
– megakadályozhatók-e a növekvő energiafelhasználás következtében fenyegető környezeti katasztrófák.

Az energia és az élővilág, azaz a természet kapcsolata igen szoros. Energiát a természetből nyerünk, különféle energiahordozók formájában, majd azt az igényeinknek megfelelően átalakítjuk és használja fel a társadalom és a gazdaság. E folyamatban az államnak is igen jelentős szerep jut, hiszen jövedelmének meghatározó részét az energiából szerzi, és ebből a szabályozó szerepét építi fel, tehát hat az energia termelésre, s ezen keresztül a gazdaság, valamint a társadalom fejlődésére is (1. ábra).

Környezeti hatás

A tradicionális energiahordozók felhasználásával igen jelentős mértékben állítunk elő villamos energiát. Ha megvizsgálunk egy példát, amikor szén energiahordozóból villamosenergiát állítunk elő, akkor azt tapasztaljuk, hogy a szénben rejlő energiának csak igen kis hányada hasznosul például abban az esetben ha villamos energiát állítunk elő és azt világításra használjuk. Nagyon egyszerűen kiszámítható, hogy 100 kg szén felhasználásából csupán 1.5 kg hasznosul, mint fényenergia a hagyományos izzó esetén, ha már energiatakarékos izzókat használunk ez az érték négyszeresére nő, tehát az energia átalakítás során keletkező káros anyag mennyiség kibocsátása a negyedére csökken egy ilyen fejlesztési forrás révén (2. ábra).

A villamos energiának jelentős részét még ma is fosszilis energiahordozókból nyerjük. A villamos energia előállítás során 1,0 kWh energia előállítása során a szenes erőművek 0,8-1,2 kg széndioxidot bocsátunk ki. Nyilván való, hogy a fejlettebb erőműveknél ez az érték kisebb és jóval kisebb a gázos típusoknál. Ha a hő és villamos energiát is felhasználjuk, abban az esetben jóval a fajlagos érték kedvezőbb, 0,2-0,25 kgCO_2/kWh kibocsátás lesz a jellemző. Magyarország az átlagos kibocsátás 0,3 kgCO_2/kWh érték körül van, köszönhető annak, hogy a paksi nukleáris erőműnek gyakorlatilag nincs CO_2 kibocsátása, miközben az energia ellátásunk 40-45 %-át abból nyerjük (3. ábra). De igen jelentős az importunk is és ennek következtében a széndioxid kibocsátás is máshol jelentkezik.

A megújuló energiák jelentős részének a széndioxid kibocsátása, illetve környezetre gyakorolt negatív hatása jóval kisebb, mint az említett hagyományos energiahordozókat felhasználó erőműveknek.

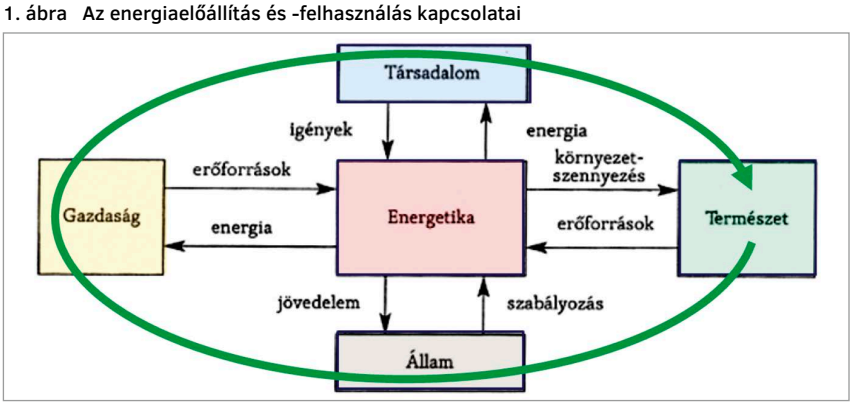
A megújuló energiák jelentősége a jövőben

Az említett kibocsátások környezetszennyezése miatt és a hagyományos energiák egyre inkább csökkenő kitermelésének lehetősége miatt a megújuló energiák szerepe megnő. Hogy ez a folyamat végső soron hová vezet ezt jelenleg képtelenség pontosan felmérni. Ami biztos, hogy számottevő mértékben fejleszteni kell azokat a megújuló energiaforrásokat, és felhasználási technikákat, módszereket, amelyeknek csak jelentéktelen mértékű hatása van a környezetre.

A megújuló energiatermelés a társadalmat mélyrehatóan át fogja alakítani, mint ahogy azt átalakította az elmúlt évszázadban a hagyományos energiahordozók felhasználása és a villamos energia széleskörű elterjedése. A megújuló energiáknak hatása van a teljes energia rendszerre, hiszen például a nap és a szélenergia végtelen mennyiségben áll rendelkezésre. A többi megújuló energiahordozó jelentős mértékben korlátozott és semmi képen nem nevezhető végtelennek.

A megújuló energiák felhasználása az egyes államoknak szuverenitását megnöveli, hiszen legtöbb energiaforrással mindenki rendelkezik. A megújuló közül külön kell említeni a fotoszintézis által létrehozott energiahordozót, a biomasszát, ami nem végtelen, mind ahogyan a föld felülete sem az. Az emberiség létszáma még tovább növekedhet, ezért az élelmiszer termelés és a biomasszából nyert energiatermelés antagonisztikus ellentmondásba kerülhet. miközben mindenképpen szerepe van a föld hasznosításnak, mivel vannak olyan területek amelyek élelmiszer előállításra nem hasznosíthatók, de valamilyen formában az energiatermelésben részt vehetnek. Az elmúlt évszázadban az energetikai oktatás és képzés igen jelentős szerephez jutott. A megújuló energiák az energia hasznosítási alapokat nem módosítják, az alapvető, törvényszerűségeket nem befolyásolják, viszont új ismeretekre társadalomnak szüksége van. A környezettel kapcsolatban is új elvárások jelentek meg, ilyen például a napenergiánál a területfoglalás, vagy a szélenergiánál a látvány optimalizálása, hatása a madaraknál gyakorolt mortalitására. A megújuló energiák technikai berendezései új, gyakran még nem ismert új eljárásokat, új ismereteket igényelnek. Ezeket a társadalomnak el kell sajátítania és az oktatásba is be kell vezetni. Az élelmiszer termelés korábban igen jelentős létszámot foglalkoztatott, de ma már a technika fejlődése révén

1. ábra Az energiaelőállítás és -felhasználás kapcsolatai



a létszáma csak töredékére van szükség, ugyanakkor a növekvő emberiséget el kell látni munkával és vidéken meg kell tartani a lakosságot. Ezért is a megújuló energiatermelést célszerű decentralizáltan megoldani, hogy mindenhol legyen munkalehetőség és termelődjön jövedelem. A jellemzőbb összefüggéseket a 4. ábra tartalmazza.

A rendelkezésre álló megújuló energiák

A legjelentősebb megújuló energiahordozó a napenergia, ezt követi a szél, majd a víz a geotermikus energia és végezetül a fotoszintézis révén létrejövő biomassza. Mindegyik energia hordozóból előállítható villamos és hőenergia, kivéve a vízenergiánál, ahol ezt nem vesszük számításba (5. ábra).

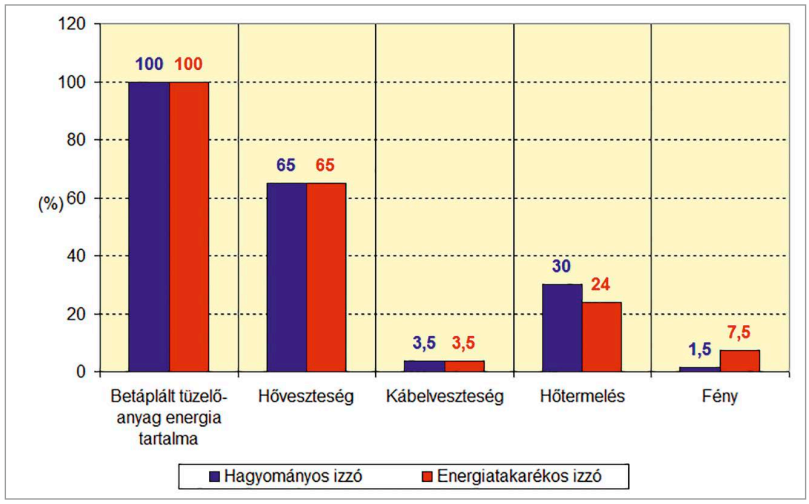
Ezen természetfüggő energiahordozóknak jelentős problémája - kivéve a biomassza féléket, hogy az energia tárolása, sem a hőnél, sem a villanynál nincs tökéletesen megoldva, illetve a tárolásuk jelentős veszteségekkel jár. A hő pl. vízben jól és viszonylag olcsón tárolható, azonban hosszú időszakon keresztül nem.

A villamos energia tárolására különféle megoldásaink vannak, azonban a hatékonyságuk nagyon sok esetben igen alacsony és az élet minden területén nem is használhatók. Éppen ezért a jövő feladata, hogy a villamos energia tárolását elfogadható költségszinten meg kell oldani. Erre a legegyszerűbb és leguniverzálisabb megoldásnak mutatkozik, ha a valamilyen tárolható formára átalakítjuk. Egy ilyen átalakítási lehetőség, ha hidrogént állítunk elő, ami már tárolható és igen magas fajlagos energia tartalommal rendelkezik. A vízbontás révén előállítható hidrogén korlátlan mennyiségben rendelkezésre állhat. A tárolására is vannak technikai megoldások, amelyek ugyan még fejlődni fognak, de ez járható út és technikailag nem ütközik akadályokba. A hidrogénből elő tudunk állítani ismételten villamos energiát, amely folyamatnak az emisszió kibocsátása szinte nulla. Az üzemanyagcellákban a H_2 vízzé alakul, tehát a környezetet nem terhelik sőt a keletkezett víz újból felhasználható. Ezért is egyre többet beszélünk a jövendő „hidrogén gazdaságról". Vizsgáljuk meg a különböző megújuló energia rendszereket:

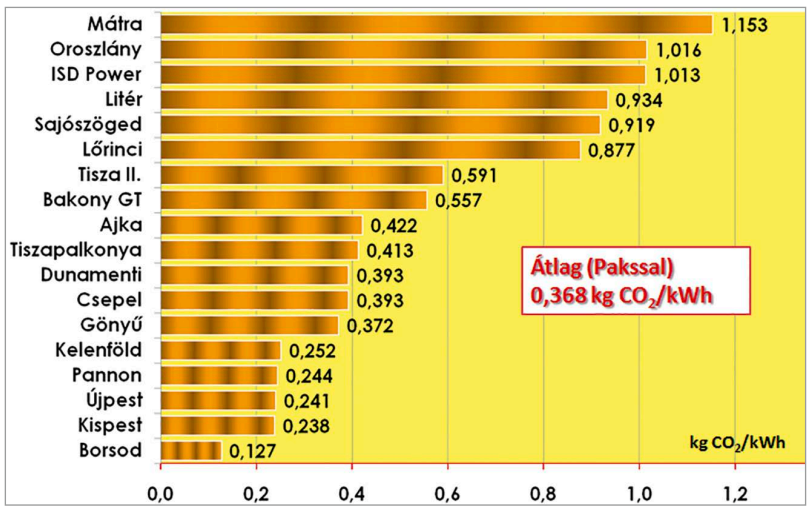
Napenergia

A napenergia hasznosításának két meghatározott formája terjedt el: a hővé alakítás és a villamos energia előállítása (6. ábra). A hővé történő átalakítás közismert, ma már széles körben alkalmazott, pl. a háztartásokban használati meleg víz előállítására. Ezek a különféle napkollektorok.

A villamos energia előállítására a fotovoltaikus (PV) rendszerek igen jelentős mértékben terjednek. Ez vonatkozik mind nagy erőmű rend-

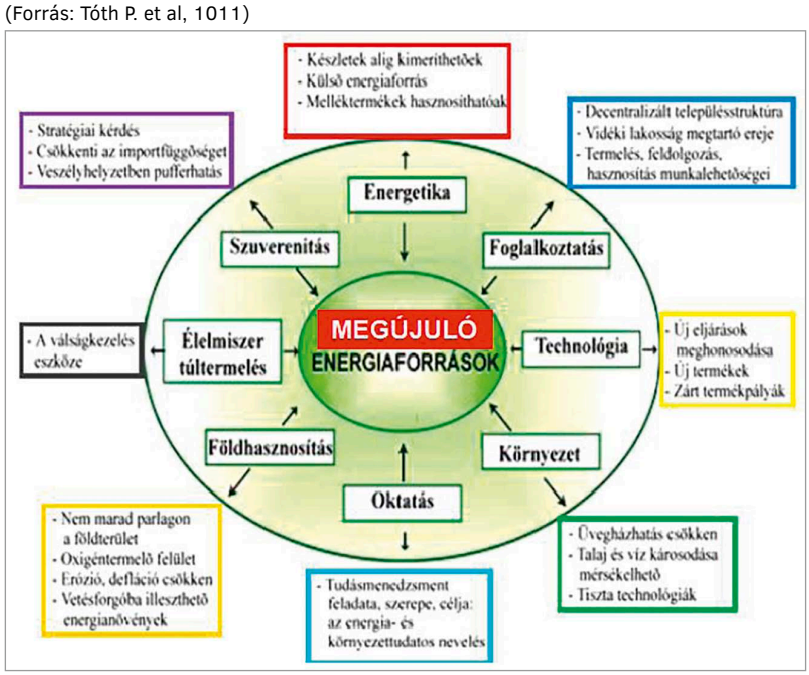


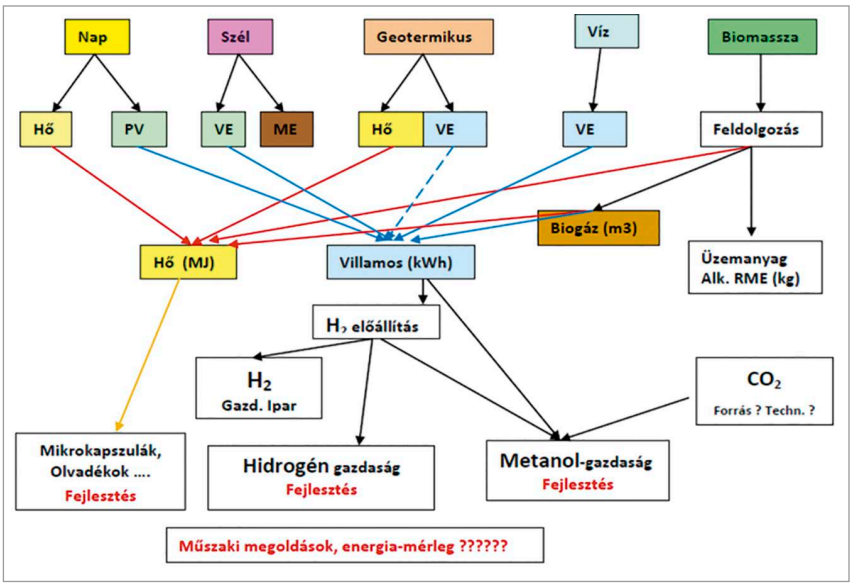
2. ábra A hagyományos villamos energia előállítás és felhasználás veszteségei



3. ábra A hagyományos hazai erőművek CO_2 kibocsátása (2013)

4. ábra A megújulók jelentősége a társadalmi és a gazdasági folyamatokra
(Forrás: Tóth P. et al, 1011)



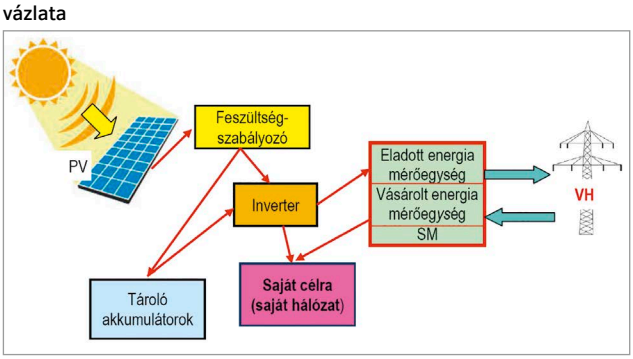


5. ábra Energiatermelési és felhasználás a megújuló energiákból (jelen és a jövő)

szerekre, mind pedig háztartási méretű megoldásokra. A napenergia különösképpen alkalmas a decentralizált energiatermelésre, hiszen szinte minden vidéki háztartás képes megvalósítani. Ennek következtében saját termelésű energia felhasználóvá és termelővé, értékesítővé is válnak (7. ábra). Vagyis az energia előállító háztartás energetikailag teljesen önállósulhat, hiszen az összes energiát amire szüksége van képes lesz előállítani, sőt többlet előállítására is alkalmas, nyilván a beruházás és a helyi lehetőség mértékétől függően.

6. ábra Napenergia felhasználás eszközei

7. ábra A napenergia decentralizált PV célú felhasználásának vázlata



Szélenergia

A megújuló energiák közül ma a világon a vízenergia után a legnagyobb mértékben elterjedt és soha nem látott ütem valósult meg az másfél évtizedben. A világban az utóbbi (2000-2015 között) években ~28000 MW/év volt a kapacitásnövekedés. A jelenlegi kapacitás ~450 000 MW. A szélenergia hasznosításának technikai rendszere a villamos hálózattal történő együttműködésére törekszik. Az erőművek gyorsan le és felterhelhetőek, ami a villamos rendszerek kiszabályozását segíti. Megközelítőleg 30 évvel ezelőtt 100-200 kW os teljesítményű „kis" generátorokat alkalmaztak – néha nagyobb parkokat alkotva –, ma már az átlagos erőmű teljesítmény 2000 kW, de igen gyakoriak a 3000 MW-os generátorok, de a tengereken létesülő rendszereknél 4000-5000 kW-os megoldások a kedveltek (8. és 9. ábra). Sokan zavarónak tartják a látványt, de ehhez is hozzá lehet szokni, mint más energia rendszerek alkalmazásához (lásd villamos hálózatokat és oszlopaikat stb.). Ugyanakkor azon feltevések, hogy jelentős mértékben befolyásolják az élővilágot, részletesebb vizsgálatok alapján nem bizonyulnak igaznak. Például madarakra kifejtett hatása, az általuk okozta mortalitás, jóval kisebb mint egyéb tényezőké, például a magas házak vagy a városi üveg épületek az autóforgalom és így tovább. A hang hatása (dB/A - SPL) 400 - 500 méter távolságból már a lakóterületi határérték alatt van. Mind a szél, mind a napenergiánál földterület foglalása, vagy az élővilágra kifejtett hatás mellett meg kell vizsgálni, hogy milyen mértékben igényel a szerkezetük előállítása energiafelhasználást. A szélnél nagyon sok vizsgálatot végeztek és megállapították, hogy az erőművek előállításához felhasznált energiamennyiség a későbbi termelés során fél egy év alatt megtérül, tehát az élettartamának hátralévő 25- 30 évében olyan energiát állít elő, amely előállításához már nem volt szükség, tehát mindenféleképpen plusz energianyerésnek nevezhető.

1. táblázat Tipikus 1000 kW-os szélerőmű energiamérlege

Szélerőmű villamosenergia-termelése	Szélerőmű építési energiafelhasználása	Szélerőmű energiafelhasználási megtérülésének időtartama
(MWh/év)	(MWh)	(év)
2300	821	0,35
2010	821	0,41

8. ábra Mezőgazdasági területen megvalósított szélpark

9. ábra Sekély tengeri területen megvalósított szélpark

2. táblázat Tipikus 1000 kW-os szélerőmű szerkezeti részarányai

Anyag *	Részarány (%)
Beton	70-75
Acél	20-22
Üvegszálas poliészter	2-3
Réz	< 1
Alumínium	< 1
Kenőanyagok	< 1
műanyagok	< 3-4
Összesen	100

*Megjegyzés: A jelzett anyagok 97-98%-a úja felhasználható.

Egy önálló családi házas villamos energia előállítási formát szemléltet a 10. ábra. A szélből vagy napból előállított villamos energiával, a rendelkezésre álló vízből (pl. esővíz) hidrogént állítunk elő. Ez a hidrogén tárolható, majd üzemanyag cellából ismételten villamos energiát előállítva bármikor felhasználható, tehát ennek révén a hálózattól függetlenné tehető a családi ház. Bizonyítja, hogy amit ma nagyon sokan negatívumként említenek, miszerint a megújuló energiák csak akkor használhatók, amikor szél vagy nap is rendelkezésre áll. Tehát ez a nagyon sokat emlegetett „negatív" kritérium megoldható, sőt előnyökkel is jár.

A fentebbiek mellet feltétlenül figyelmet érdemel a fotoszintézis által előállított biomassza.

A biomassza felhasználása

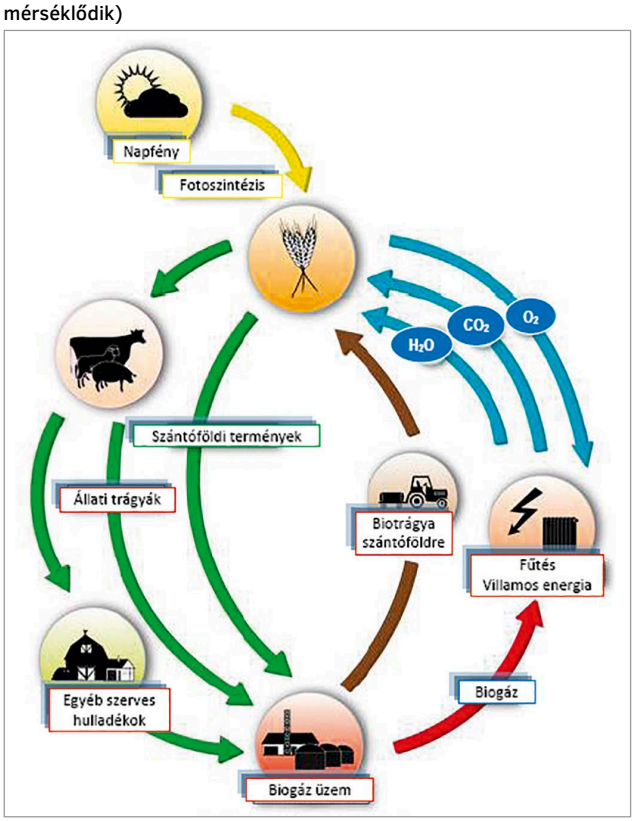
A biomassza, megítélésem szerint nem jelent számottevő szerepet a jövő energiafelhasználásban, semmiképpen sem nagyobbat, mint eddig az emberiség története során, amikor a létrejött biomasszát fűtésre, illetve ételkészítésre használták fel.

Az emberiség létszámának jelentős mértékű növekedése következtében ez az arány mindenképpen meg fog változni, hiszen egyre több élelmiszert kell előállítani és a biomassza előállításához számottevően nagyobb terület nem áll rendelkezésre. Ezért is az úgynevezett primer biomasszák származékai – ilyen például a magokból előállított alkohol vagy olaj –, semmiképpen sem jelent megoldást az emberiség jövőbeni energia ellátásában, még csak kisebb mértékben sem.

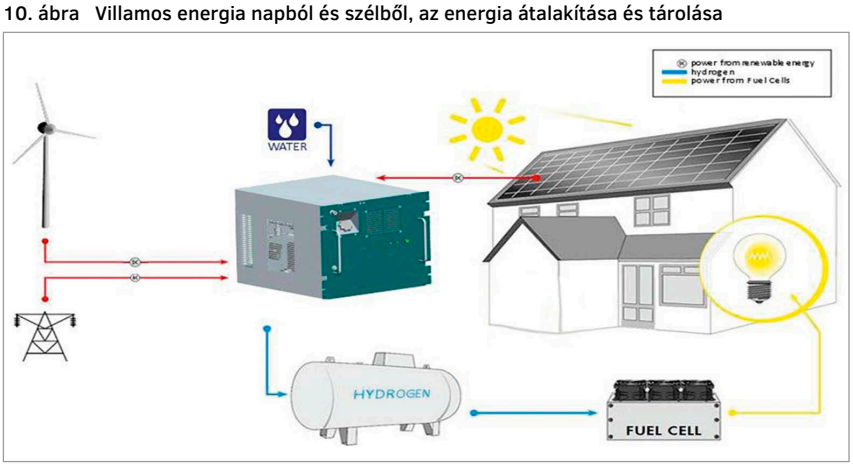
Viszont fontos, hogy a különféle hulladékokat, amelyek minden féle képen visszakerülnek a természetbe és ezáltal, például az erjedésük során, még nagyobb mértékben jönnek létre káros légköri anyagok (pl. metán), korszerű technológiai rendszerben energetikai célra is hasznosítsuk.

Például a biogáz előállításához a legkülönfélébb szerves hulladékok alkalmasak. Zárt metánerjesztéses eljárással ezen anyagok teljes biológiai ciklust alkotva jutnak vissza a természeti környezetbe (11. ábra).

11. ábra A biogáz eljárásnál az összes anyag a biológiai cikluson belül marad, csupán energia szabadul fel (a széntartalom mérséklődik)

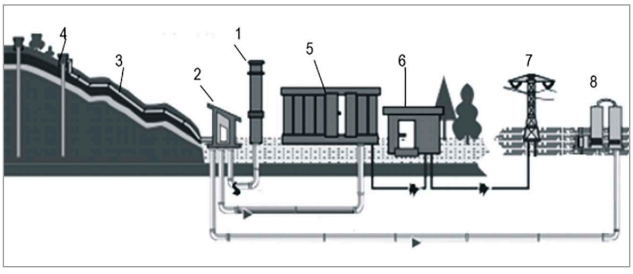


10. ábra Villamos energia napból és szélből, az energia átalakítása és tárolása



Az energia előállítása alkalmával keletkező CO_2 a fotoszintézis révén beépül a növények testébe, majd a növényeket az állatok hasznosítják. Ha a gazdaságban keletkező melléktermékeket –amennyiben nem energia célra hasznosítjuk – általában légkörbe jutó metán keletkezik, amely igen káros ÜHG.

Ha a melléktermékeket és hulladékokat oxigénmentes környezetben erjesztjük, akkor nagy energiatartalmú metánt nyerünk. A metánégetés során széndioxid keletkezik, ami a növényeknél felhasználásra kerül miközben a villamos energia mellet hő is keletkezik, amelyet egyéb technológiai rendszereiben felhasználható.



12. ábra A depóniagáz hasznosítása, a szükséges egységek
1 – fáklya, 2 – sűrítő, 3 – gyűjtővezeték, 4 – gázkút, 5 – gázmotor és generátor, 6 – teranszformátor, 7 – tároló

Ezért a biogáz termelést a jövőben mindenféleképpen számításba kell venni, mint az emberi életfunkciók, valamint a termelés során keletkező hulladékok hasznos felhasználási rendszerét. Meg kell említeni a hulladékok megsemmisítésére eddig használt technológiáknál például a depóniáknál keletkező metán szennyező hatását, amely megszüntethető az által, hogy ha a depóniákból még mielőtt a légkörbe kerülne felhasználjuk „kiszívjuk" és gáz motorral gázturbinával az említett módon hasznosítjuk.

A depóniagáz a várható átlagos fűtőértéke 12–15 MJ/Nm^3. Célszerű már a létesítmények tervezésnél figyelembe veszik a gázkinyerési és a felhasználási technológiai elemeit, s a kiszolgáló egységeket is így alakítani.

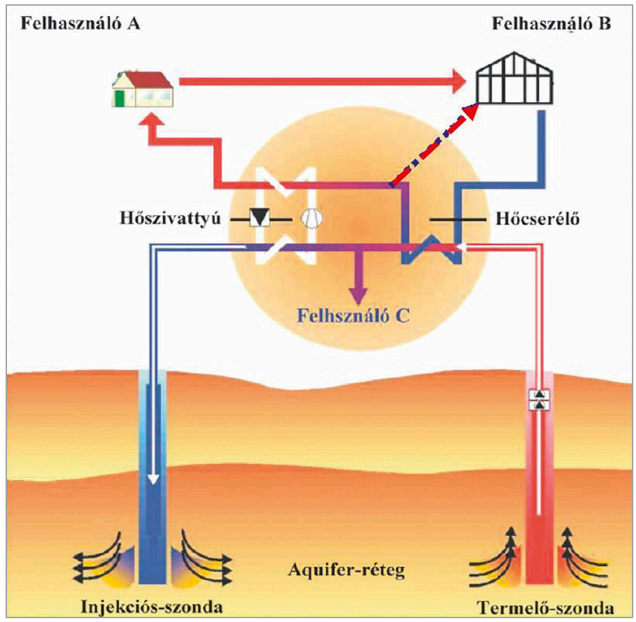
Az **etanol és RME** az üzemanyagként való felhasználásának jelentősége mérséklődik, főként a gyakran negatív energia mérlege miatt. Az alkoholt ideig célszerű felhasználni, például a benzinüzemű járműveknél, mivel kisebb környezet szennyezést okoz mintha az oktánszám javításához használ ólom. Az erjesztési maradvány anyagból (DGS – Distillery Grain with Solubles) a szárazanyagot centrifugálással és/vagy bepárlással vonják ki, majd 16%-os nedvességtartalom alá ki kell szárítani. Az így kapott DDGS (Dried Distillery Grain with Solubles) magas fehérje és rosttartalmú, takarmányként tökéletesen hasznosítható anyag.

A geotermikus energia felhasználása

Mindaddig, amíg a föld „él", addig geotermikus energia termelésére is lehetőségünk nyílik. Jelenlegi egyik legfontosabb forrás a föld felszíne alatt felhalmozott meleg vízkészletekben tárolt energia felhasználása. Itt arra kell ügyelni, hogy a kivett vízkészletet visszasajtoljuk azokba a rétegekbe, ahol ismételten felmelegszik. Ezzel egy kör cirkulációs folyamat alakul ki, így ki nem apadó hőforráshoz (hőenergiához) jutunk, amely felhasználható például a kertészeti termelésben, városok lakóházak fűtésénél és hőigénylő technológiai rendszereknél, de speciális hőerőművekben villamos energiává is átalakítható (ezek hatásfoka egyelőre nagyon kedvezőtlen, ~14%).

A hazai helyzet

Ha megvizsgáljuk Magyarország jelenlegi megújuló villamos energia előállítását azt tapasztaljuk, hogy a mindegy 40.000 gigawatt óra/év villamos energiából nagyon kis mértékben szerepel ami a megújulókból származik (legfeljebb 6-8 százalék). Még ennek is jelentős részét a biomasszából előállított villamos energia jelenti, sajnos itt is az elsődleges biomasszák szerepelnek, amelyeket megítélésem szerint ilyen célra nem szabadna felhasználni. Mennyiségben zt követi (a hazai energiapolitika által nem kedvelt) a szélenergia felhasználása és várhatóan a napenergia fog mindinkább előtérbe kerülni. Magyarországi viszonyok között a vízenergia számottevő arányra nem számíthat.



13. ábra A geotermikus energia felhasználása
(A – lakó és közösségi épületek fűtése, B – ipari létesítmények hőellátása – meleg/hideg energiával, C – balneológiai felhasználás)

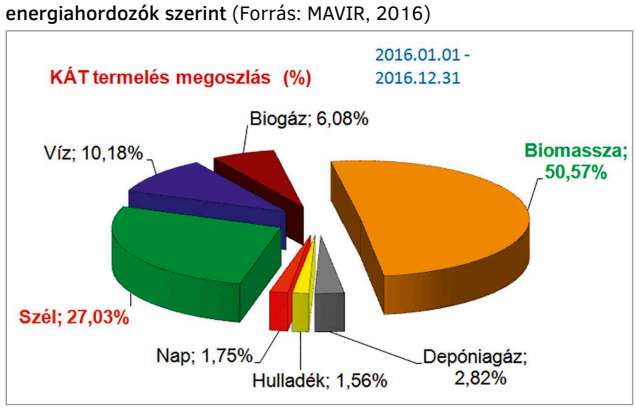
3. táblázat A megújulókból nyert villamos energia (2015)
(Forrás: Ströbl a. 2016)

Az alap energiahordozó	Termelés GWh/év
Biomassza	1216
Szél	650
Víz	245
Biogáz	146
Depóniagáz	67
Forrás	37
Nap	42
Összesen	2403

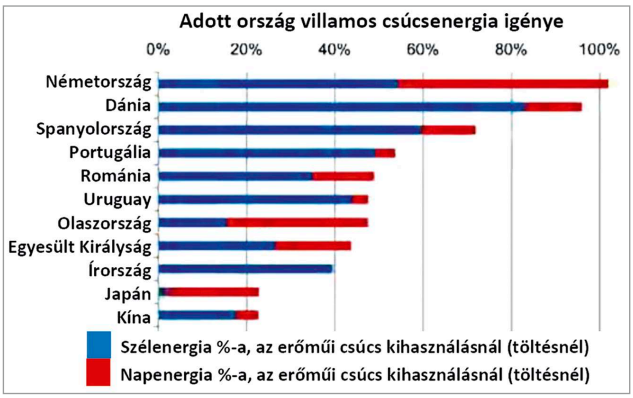
A megújuló energiák felhasználásának vélt és valós anomáliái

Európai vonatkozásban a villamos energia rendszereket egyre szorosabban kapcsolódnak. A korábbi úgynevezett virtuális együttműködéseket a fizikális kapcsolat váltja fel, tehát európai vonatkozásban a földrész egyik részéről a másik részére szállíthatóvá válik a villamos energia. Nyilvánvaló a szállítási veszteségeivel számolni kell, de a villamos energia hálózat lehetővé teszi, hogy egy-egy ország közötti kiegyenlítést. Ma már Németország rendelkezik olyan mértékű nap és szélenergia kapacitással, hogy a német

14. ábra A hazai megújuló villamos energia termelés arányai az energiahordozók szerint (Forrás: MAVIR, 2016)



gazdaság teljes villamos energia igényét a csúcs napokon is teljes egészében fedezi. Ez annyit jelent, hogy előfordul olyan nap a német energia rendszerben, amikor az összes villamos energiát a nap és a szélenergia adja (csúcsfogyasztási idő esetén is, 15. ábra).



15. ábra Adott országokban a szél és napenergia kapacitásának aránya a csúcsenergia felhasználáshoz viszonyítva

Összefoglalás

A megújuló energiák felhasználásában az EU egyes országainál jelentős eltérések vannak, de a fejlődés egyre inkább az arányok növekedésének irányba mutat. Tehát azok a hiedelmek, hogy a megújuló energiaforrások az ellátás biztonságát jelentős mértékben befolyásolják, megítélésem szerint technikailag megoldást nyernek. Pontos előrejelzésekkel, azaz menetrendadásokkal, egyre inkább meg tudják határozni a várható villamos energiatermelést, ami a természeti energiaforrásokat jelenti, főként a nap és a szél vonatkozásában, s ezt illesztik a várható igényekhez. Rendelkezésre állnak a tároló és kiegyenlítő kapacitások:

– a szivattyús tározók,
– kémiai tárolók (különféle nagyobb és kisebb akkumulátorok),
– a hidrogén előállító berendezések a járműipar részére,
– e-mobilitás töltőállomásai stb.

A jövőt tekintve az ellátás biztonsága ezek által is jelentős mértékben növekszik. Legnagyobb biztosíték, hogy az európai villamos energia rendszer fizikálisan is összekötésre került és az úgynevezett SMART GRID technológia kerül alkalmazásra, amely jól kiszámítható és előre jelezhető lesz. Ezáltal megakadályozhatóvá válnak a villamos energia ellátásban jósolt nagy fennakadások.

Magyarország vonatkozásában, amikor a Paks II. termelni kezd, akkor gazdaságilag szükség lesz valamilyen tározó rendszer létrehozására, mivel a prognózisok szerint ilyen mértékben az akkumulátoros tárolás nem tud növekedni, a túltermelést nem lesz képes levezetni. Egy szivattyús energiatározó jelentős mértékű megoldást jelentene, és erre kellene koncentrálni.

Felhasznált irodalom

[1] Tóth L, et al.: 2008 Utilization of Geothermal Heat for Air-Conditioning of Different Small Buildings. Journal of Agricultural Machinery Science. Volume 4, Number 3. 241-246. p. ISSN: 1306-0007

[2] Tóth L. – Horváth G. – Szlivka F. – Tóth G.: 2000 Computer adided planning of the first Hungarian wind turbine installation, Gépészet 2000. Springer Orvosi Kiadó, Budapest 78-82 p.

[3] Tóth L. – Šlihte S. – Ádám B. – Petróczki K. – Korzenszky K. – Gergely Z.: 2011 Ground source heat pump system for an office building at gödöllő, Hungary 33 International Symposium of Section iv of CIGR Bioenergy and other renewable energy technologies and systems - BRETS - Bucharest, June 23-25 2011. ISBN 978606 521 686-0, Printed Cod: CNCSIS 54, 8p

[4] Tóth L. –Horváth G.: 2003 Alternatív energia. Szélmotorok, szélgenerátorok, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest,

[5] Tóth L.: 2006 Megújuló energiák szerepe a villamos energia ellátásban, fókuszban az átvételi árak, Workshop, Institute of International Research (The Word's Leading Conference Campani), EnKon az IIR éves rendezvénye, Budapest, 2006.júni. 12-15. Konferencia kiadvány 210 p. 4 p.

[6] Magyarország Megújuló Energia HasznosításiCselekvési Terve a 2020-ig terjedő megújulóenergiahordozó felhasználás alakulásáról(a 2009/28/EK irányelv 4. cikk (3) bekezdésébenelőírt adatszolgáltatás) Nemzeti FejlesztésiMinisztérium, 2010. december

7] Nemzeti Energiastratégia 2030, Nemzeti FejlesztésiMinisztérium, ISBN 978-963-89328-1-5

[8] NFM: Magyarország Megújuló Energia HasznosításiCselekvési Terve 2010-2020.

[9] Singapore, Received 25 February 2008,www.elsevier.com/locate/enpol/

[10] Stróbl A. (2013): A magyarországi villamosenergia-ellátás előző évi változásainak elemzése,Tanulmány-kézirat, Budapest, 2013.04.30,57 p.

[11] Tóth L. (2012): Alternatív energia felhasználása az agrárgazdaságban, Szaktudás KiadóHáz Kft., Budapest, 312 p.

[12] 2010-2020-ig terjedő megújuló energiahordozófelhasználás alakulásáról, http://www.kormany.hu/hu/nemzeti-fejlesztesi-miniszterium

[12] Fogarassy, Cs. – Horváth, B. – Szőke, L. –Kovács, A. (2015): Low-carbon innovation policywith the use of biorenewables int he transportsectoruntil 2030. APSTRACT - Applied Studiesin the Agribus

Biogázüzemben alkalmazott szilárdanyag-aprító berendezés kopási tulajdonságainak javítása

Dr. Bártfai Zoltán [1] – Blahunka Zoltán [1] – Bácskai István [2] – Hartdégen Gergely [3]

[1] Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gödöllő
[2] NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő
[3] NHSZ Biogáz Tatabánya Kft.

Előszó

A biomasszák energetikai célú felhasználásai közül a leginkább környezetbe illő, és ökológiailag is helytálló a biogáz előállítása. Mezőgazdasági körülmények között általában primer biomasszákat, és az állattartásból származó (szekunder) hulladékokat használunk biogáz előállításra és hasznosításra. A technológiában gyakran alkalmazunk primer anyagokat, ilyenek pl. a különféle növényekből előállított szilázsok, gumós termények, a magtermések maradékai, amelyek stabil üzeművé teszik a biogáz rendszert, mivel az összetételük az év folyamán közel állandó. Az erjesztéshez használatos input anyagok köre meglehetősen változatos, ezek anyag jellemzői meghatározzák a szükséges előkészítés módját. A fermentorokba beadagolásra kerülő szilárd anyagokat (pl. mezőgazdasági eredetű szálas anyagok) a felületnövelés, az optimális erjedési folyamat biztosítása céljából aprítani kell.

Cikkünkben egy hazai biogáz üzemben alkalmazott aprító berendezés intenzív kopásnak kitett szerkezeti egységeit vizsgáltuk. A műszaki szempontból is fontos körkörös gazdaság, illetve gazdálkodás (circular economy) koncepcióját szem előtt tartva kutatómunkánkban olyan felújítási technológia alkalmazására tettünk javaslatot, amely az anyagok gazdasági rendszerben való minél hosszabb benntartását támogatja, ezzel az ökonómiai, és a környezeti értelemben is fenntartható energiatermelés ügyét szolgálja.

Problémafelvetés

Az NHSZ Biogáz Tatabánya Kft. biogáz üzemében vegyes anyagokat használnak biogáz előállítására. A technológia fontos eleme az üzembe érkező szálasanyag (jellemzően kukorica szilázs) aprítással történő beadagolási előkészítése, amelyre a vizsgálataink során BHS Biogrinder RBG 08 típusú szilárdanyag daráló berendezés állta alkalmazásban. A berendezés a tapasztalatok szerint nem megfelelő aprítási jellemzőket produlált különböző szálasanyag bevitel esetén, a fermentorok keverőlapátjain gyakran rárakódott hosszú szálú anyagokat észleltek, amely a keverés illetve az erjedés folyamatát jelentékenyen rontja. Ezen túl a berendezés aprító egységei intenzív kopásból eredő gyakori cserére szorultak, amely az üzem gazdaságos működését kedvezőtlenül befolyásolta.

Kutatómunkánkban az üzemi kísérleti vizsgálatokra alapozva igyekeztünk feltárni a túlzott mértékű kopás okát, illetve olyan felújítási technológia kidolgozását céloztuk, amely a kopási eredetű elhasználódás folyamata időben kitolható, a hibamentes működés időtartama növelhető, ezzel az aprítógép gazdaságosabban üzemeltethető.

A műszaki fejlesztési javaslatunk átfogóan az alábbi területekre terjedjed ki:

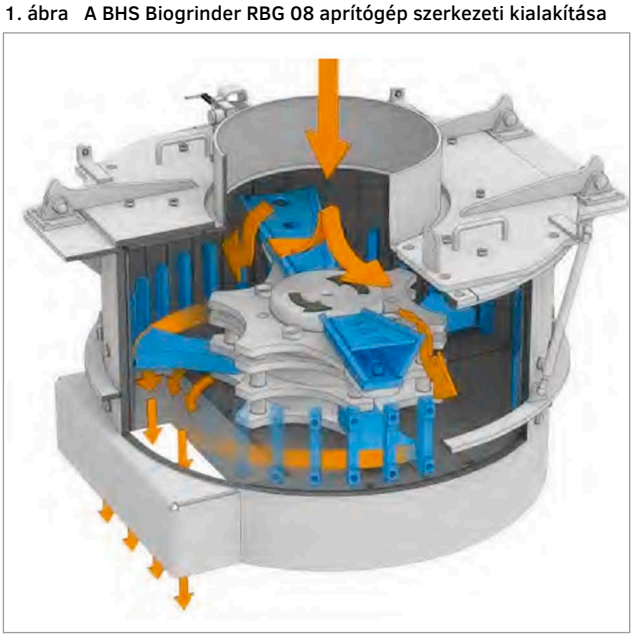
- a kopási intenzitást csökkentő keményfém felrakási technológia alkalmazhatóságának előzetes felmérése,
- az említett, kopásnak erősen kitett szerkezeti egységek megfelelően megválasztott keményfém felrakási technológiával történő, kísérleti célú megerősítése,
- a technikai módosítás hosszú távú alkalmazhatóságának megítélése céljából az üzemi vizsgálatok lefolytatása, és
- a gazdasági megtérülési elemzések elvégzése.

2014-ben több hónapra kiterjedő üzemi vizsgálatokat folytattunk a biogáz üzem működési hatékonyságának javítása, a lehetséges technológia fejlesztési megoldások feltárása céljával. Eredményeinkről e lapban is beszámoltunk (*Bártfai et al, Mezőgazdasági technika, 2015*).

A technológiai rendszerben alkalmazott a BHS Biogrinder RBG 08 típusú szilárdanyag daráló meghibásodása miatti üzemzavarok egyik csoportjába azok sorolhatók, amelyek az aprítógép funkcionális működésével összefüggő szerkezeti egység elhasználódásból adódnak a központi forgórész és a kalapácsok kopásra visszavezethető elhasználódása okán. E meghibásodások alkatrészcserével kerülnek elhárításra.

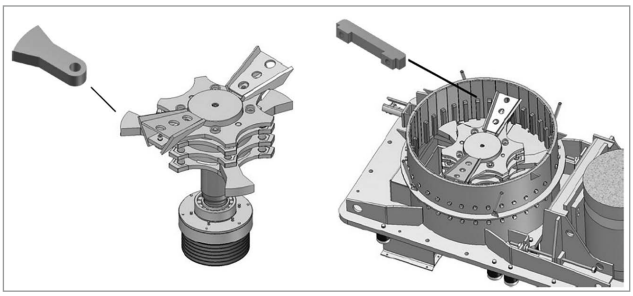
A korábbi vizsgálati tapasztalataink alapján megállapítottuk, hogy a kopás intenzitásának csökkenése, a helyreállítással összefüggő üzemidő kiesést csökkentené, összességében tehát a hasznos üzemidő növekedését eredményezve. Ez –az eredeti gép konstrukció megtartása mellett- a kopásnak kitett alkatrészek, szerkezeti egységek kopási szilárdságának növelésével érhető el, amelyhez keményfém hegesztési technológiával megerősített kalapácsok, illetve forgórész alkalmazását láttuk indokoltnak.

1. ábra A BHS Biogrinder RBG 08 aprítógép szerkezeti kialakítása

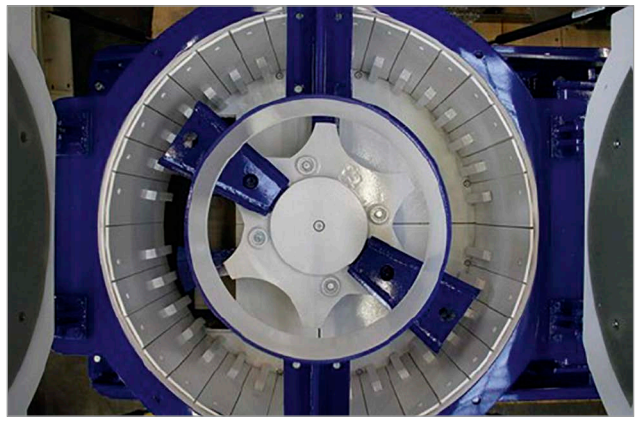


A bhs biogrinder rbg 08 aprítógép bemutatása

A BHS Biogrinder RBG 08 daráló szerkezeti kialakítását az 1. ábra szemlélteti.



2. ábra A BHS Biogrinder RBG 08 aprítógép központi forgó egysége a kalapács és az állórész szegmensének kiemelésével



3. ábra A forgórész és az állórész felülnézeti képe összeszerelt állapotban

Az őrlőegység felépítése

A beadagolt biomassza mechanikai szársértését és aprítását a forgó tengelyre szerelt kalapácsok végzik. A gépbe max. 12 kalapács szerelhető be. Az anyagáramot az állórész támasztja meg, ezzel bizonyos értelemben az „állókés" szerepét is betöltve. A forgóegység szerkezeti elrendezését a 2. és 3. ábrán mutatjuk be.

Az aprítóegység kopása

A gép beadagolt anyaggal érintkező, funkcionálisan aprítást végző szerkezeti egységei a súrlódás következtében alakváltozást, kopást szenvednek. A biogáz előállítási technológiában alkalmazott aprítandó input anyagféleségek különböző mértékben fejtik ki koptató hatásukat. A mechanikai roncsolást végző szerkezeti egységek kopását leginkább a mélyalmos trágyához tapadó homokszemcsék teszik intenzívvé. A talajmaradványokat az állatok viszik be lábukkal az alomra. A jelenség az ilyen tartású telepeken természetes, az állattartási technológia almozási sajátosságának tekinthető. Ez a vizsgált üzemben gyakori valós veszélyforrást jelent, mivel a beszállított almos trágya homoktartalma jelentős. A kopás következtében a kalapács és az állórész eltávolodik, adott résméret felett aprítás nem jön létre, továbbá a szársértés minősége is jelentősen romlik.

Az 5. ábrán bemutatott kopásszínt eléréséig az aprító hatás folyamatosan romlik, majd megszűnik, és a szálas anyag rostjai, valamint a szalmában lévő kötöző anyag rostjai nem rövidülnek. A hosszabb rostszálak a fermentorban a keverőkre feltapadnak. Ennek következtében az energia felhasználást növelik, miközben romlik a keverő hatás. A szálas anyagok a forgórész csatlakozásnál fel is tekeredhetnek, ami a keverők meghibásodását eredményezi.

Megjegyezzük, hogy kutatóintézeti mérések alapján (Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Weihenstephan, Freising) a szalmás trágya struktúrája a kalapácsos daráló alkalmazásával jelentősen nem változik, gyakorlatilag tehát erre a célra a gép alkalmazása megkérdőjelezhető (6. ábra).

A 7. ábra a vizsgált berendezés javítás során kiszerelt forgóegységét szemlélteti. Az ábra baloldalán még beszerelt állapotban látható elkopott kalapács, az ábra jobb oldalán új, és egy kb. 50 %-ban elkopott kalapács látható. Az ábrán megfigyelhető, hogy a forgórész „csipkéi" a kopás következtében elvékonyodnak és kihegyesednek.

A 8. és 9. ábra a határhasználhatóságon túl kopott kalapácsot mutat beszerelt és kiszerelt állapotban. Ilyen mértékű kopás esetén az aprító egység már a funkció ellátásra képtelen.

A fenti ábrák szemléletesen mutatják be az aprított anyagban a talajmaradványokban lévő kvarc szemcsék koptató hatását. Mind a kalapácstest, mind a tartószár, valamint a forgórész csipkézete a szárhüvellyel együtt erősen elkopott.

Felújítás keményfém felhegesztéssel

A gyakorlatban leginkább alkalmazott kopásállóság fokozó technológiai eljárások:
– keményfém szórása elektromos fémszórás
– meleg fémszórás
– kerámiaszórás
– kenhető kerámia felhordása
– kopásálló műanyagszórás
– kopásálló betét, bélés, alkatrész gyártása
– szikrahegesztés
– hőkezelés
– felületkezelés

Az alkalmazható technológiai megoldások közül az alapanyag megtartása mellett a keményfém felhegesztés tartjuk a leginkább

4. ábra Résméret a kalapács és az állórész között kevésbé kopott állapotban (üzemi felvétel)

5. ábra Résméret az elkopott kalapáccsal (üzemi felvétel)

6. ábra Szalmás istállótrágya struktúrája a kalapácsos darálóban történő kezelés hatására

költség-, és időtakarékos megoldásnak egyéb lehetőségekhez képest. A kopásállóság növelését célzó eljárás megválasztásánál tekintettel kell lenni többek között arra, hogy a nem megfelelően megválasztott technológiával a felújítás eredményeként esetlegesen előálló kedvezőtlen anyagjellemzők (pl. ridegség) az alkatrésztörés és az ebből adódó meghibásodás bekövetkezésének valószínűségét növelhetik.

Az élettartam növelését célzó keményfém felhegesztést a központi forgórész „csipke" élein, valamint különböző varratelrendezéssel a kalapácsok kopásnak különösen kitett felületein végeztük el a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karának tanműhelyében.

Kísérleti jelleggel 3 kalapácsot hegesztettünk fel különböző varratelrendezéssel. A hegesztési varrat elrendezéseket a kalapácsok kopás utáni megkülönböztethetősége érdekében egymástól egyértelműen megkülönböztethető jelöléssekkel láttuk el.

1) A (-) jelű kalapácsokon a keményfém varratok (3 db) a kalapács ütő-homlokfelületén a kalapácsot tartó tengellyel párhuzamos elrendezésben kerültek elhelyezésre egyenletes osztástávolságra. További hegesztési varratokat helyeztünk el a kalapácsok hosszanti élein a homlokfelülettől a kalapácstartó tengely középvonaláig.

2) A (/) jelű kalapácsokon a keményfém varratok (3 db) a kalapács ütő-homlokfelületén a kalapácsot tartó tengellyel 45°-os szöget bezáró elrendezésben kerültek elhelyezésre egyenletes osztástávolságra. További hegesztési varratokat helyeztünk el a kalapácsok hosszanti élein a homlokfelülettől a kalapácstartó tengely középvonaláig.

3) Az (X) jelű kalapácsokon a keményfém varratok (3 db) a kalapács ütő-homlokfelületén a kalapácsot tartó tengellyel 45°-os szöget bezáróan, a (/) jelű varattal ellentétes irányban kerültek elhelyezésre egyenletes osztástávolságra. További hegesztési varratokat helyeztünk el a kalapácsok hosszanti élein a homlokfelülettől a kalapácstartó tengely középvonaláig.

A varrattervezésnél az élettartam növelés mellett a takarékos anyagfelhasználást is célul tűztük ki. A kalapácsokat hegesztés utáni állapotban a **10. ábra** mutatja.

Hegesztési technológia

A hegesztési varratok elhelyezéséhez az új kalapácsokon a hegesztési technológiának megfelelő felület előkészítést végeztünk a varratkijelölés szerint köszörüléssel, és a tisztítással. Az aprítógép biztonságos, zavartalan üzemének biztosítása érdekében a beszerelt forgórész és az állórész közötti résméretet a megengedett tűrésen belül kell tartani, ezért a felrakott alkatrészek méretére különös figyelemmel kellett lennünk.

A hegesztést egyenárammal, fordított polaritás alkalmazásával végeztük el az 1. táblázatban bemutatásra kerülő 6 mm átmérőjű, porbeles keményfém felrakó elektróda alkalmazásával.

1. táblázat A felhasznált elektróda műszaki adatai

Jel	Szabvány	Kémiai összetétel (%)	Hegesztőáram
502	DIN 8555: E 10-GF-60 GR	C: 5,50 Mn: 1,50 Cr: 40,0 Egyéb: 2	= +160 A

A keményfém felrakó hegesztéssel megerősített forgórészt és a kalapácsokat összeszerelve az aprító egység a gépbe beszerelésre került. Az üzemi próba igazolta a hegesztéssel megerősített alkatrészek megfelelő mérettartását, a gép zavartalan, biztonságos működését.

Kopásvizsgálat

Az üzemszerű működés mellett a funkcionális feladatellátásra, és a munkaminőségre veszélyes kopás elérésekor a gép aprító egysége kiszerelésre került. A keményfém felrakással megerősített aprító egység mintegy 600 üzemórát dolgozott átlagos üzemi körülmények között.

A kiszerelést követően szemrevételezéssel ellenőriztük a kopott alkatrészek műszaki állapotát az esetleges látható rendellenességek (pl. deformáció, törés, egyéb szerkezeti sérülés) feltárására. Megállapítottuk, hogy az aprító egység a rendeltetésszerű használat mellett rendellenes sérülést nem szenvedett. A kiszerelt aprító egység alkatrészeit az alábbi ábrák szemléltetik.

A 11. ábrán a keményfém felrakással megerősített kalapácstartó forgórész látható. A forgórész hegesztéssel megerősített csipkéinek szélein a keményfém felrakás jól kivehető. Szemrevételezéssel az állapítható meg, hogy a keményfém felrakás nélküli kialakításhoz képest a forgórész csipkéi minimális kopásból adódó alakváltozást szen-

9. ábra Teljesen elkopott kalapács kiszerelt állapotban

7. ábra Javítás során kiszerelt gyári kivitelű aprítóegység

8. ábra Gyári kivitelű kalapács elvékonyodott tartószárral beszerelt állapotban

vedtek. A kopásállóságot a keményfém felrakás jelentős mértékben fokozta. A kopásnak kitett felületek hasonló alakúak, számottevő eltérés nem tapasztalható, tehát az egység egyenletesen kopott.

A 12-14. ábrákon a keményfém felrakással megerősített elkopott, kiszerelt kalapácsok láthatók különböző nézetekben. Az oldalfelületen tett jelölések a kalapácsok beazonosíthatóságát szolgálják. Szemrevételezéssel megállapítható, hogy a kalapácsok rendellenes sérülést nem szenvedtek. A kalapácsok alakja hasonló, a méret eltérés leginkább az oldalnézeti, valamint az alulnézeti ábrákon fedezhető fel.

10. ábra Keményfém felrakással ellátott kalapácsok

11. ábra Keményfém felrakással megerősített kalapácstartó forgórész az üzemi kísérlet után

Mérési módszer

A különböző varratelrendezéssel ellátott keményfém hegesztéssel megerősített kalapácsok kopásából adódó méretváltozás megállapításához a kopott kalapácsokat 3D szkennelési eljárással vizsgáltuk meg. A 3D képfelvételek készítéséhez egy ZScanner 700-as készülék állt rendelkezésre. A 3D felület meghatározásának módszere:

– csomópontok meghatározása, felületi háló kifeszítése
– elemi felületrészek kiszámítása
– az elemi felületértékeket összeadása

A kopás teljes felületre vonatkozó értékének, illetve a kopásból származó alakváltozás mértékének meghatározásához a kalapács egy kijelölt bázis felületétől mérve adott távolságonként meghatároztuk a metszékek mérhető illetve számítható jellemző méreteit. Bázisként a kalapácsnak a tartótengely furata alatti végét jelöltük ki, mivel itt nem következett be jelentős kopás. Így az összehasonlításhoz megfelelő alapot biztosít. A bázis megfelelő kiválasztását a 2. táblázatban bemutatott mérési eredményekkel támasztjuk alá, amelyek a bázisnál mért vastagsági méreteket mutatják. Fontos megjegyezni, hogy a mérések 200 mm-ig történtek, mivel ez fölött 100 %-os anyagveszteség következett be.

Mérési eredmények

Az alábbiakban a szkenneléssel és a tömegméréssel kapott laboratóriumi mérési eredményeket közöljük a különböző varratelrendezések kopásra gyakorolt hatásának összehasonlítása, a keményfém varrat optimális elrendezésének megállapítása céljából.

A 2. táblázat mérési eredményei szerint a hosszirányú méretváltozás tekintetében a **(/)** jelű kalapács kopott a legkisebb mértékben, 83,5%-os mérettartással az eredeti hosszmérethez képest. A legnagyobb kopás a **(-)** jelű kalapácsnál mérhető.

2. táblázat A gyári eredeti és a megerősített kalapácsok hosszméret változása az üzemi kísérlet során

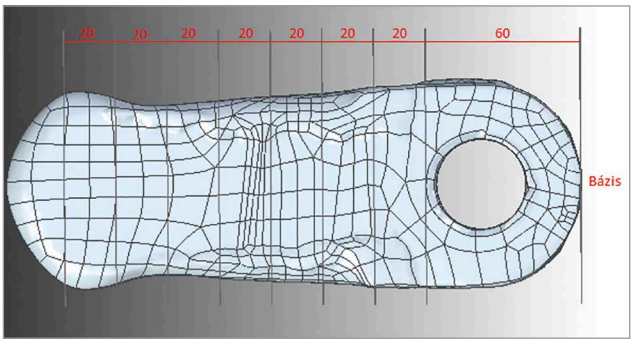
A kalapácsok hosszmérete		
[mm]		
(x) jelű kopott	**(-) jelű kopott**	**(/) jelű kopott**
219	218	222
(x) jelű új	**(-) jelű új**	**(/) jelű új**
267	266	266
A kopott és az új kalapács hosszának aránya		
(x) jelű	**(-) jelű**	**(/) jelű**
0,820	0,820	0,835

A 3. táblázatban összefoglaltuk a kalapácsok vastagsági méretének változását a vizsgálat során A bázistól adott távolságokra felvett metszékeknél vizsgálva az anyagvastagság különböző értékeket mutat. A vizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a (-) jelű kalapács minden metszéknél a legkisebb anyagvastagsággal bír, kopása a legnagyobb mértékű. A 60-80 mm-es bázistól mért távolságokon az (X) jelű kalapácsnál kisebb kopás figyelhető meg, azonban a 80-200 mm-es tartományban a (/) jelű kalapács mérettartása jobb, kisebb a kopás mértéke.

12. ábra Keményfém felrakással megerősített kalapácsok az üzemi kísérlet után (oldalnézet)

13. ábra Keményfém felrakással megerősített kalapácsok az üzemi kísérlet után (felülnézet)

14. ábra Keményfém felrakással megerősített kalapácsok az üzemi kísérlet után (alulnézet)



15. ábra Kopott kalapács szkennelt képe

3. táblázat A vizsgálati metszékeknél mért anyagvastagság

Bázistól mért távolság [mm]	Kopott kalapácson mért legnagyobb normálirányú távolság [mm]		
	(X) jelű	(-) jelű	(/) jelű
60	44,6	42,47	44,48
80	32,66	30,26	32,54
100	25,17	23,61	25,37
120	22,07	20,2	22,37
140	18,14	15,75	18,56
160	15,4	13,26	15,8
180	16,33	14,24	16,74
200	17,12	14,75	17,82
A új kalapács vastagsága [mm]	45	45	45
Használat utáni vastagság a furat mellett [mm]	44,93	44,78	44,79

A kopás mértékére a kalapácsok tömegéből is következtethetünk. Az új és a kopott kalapácsok tömegmérésének eredményeit a 4. táblázatban foglaltuk össze. Azonos anyag esetében a tömeg és a méret változása arányos, ezért a tömegméréssel kapott értékek a geometriai mérésekkel kapott méréseket igazolják.

4. táblázat Térfogat-, és tömegmérési eredmények

	Térfogat [mm³] új állapotban		
	(X) jelű	**(-) jelű**	**(/) jelű**
	1056435	1066941	1047621
	Térfogat [mm³] kopott állapotban		
	(X) jelű kopott	**(-) jelű kopott**	**(/) jelű kopott**
	357603	333335	358062
Térfogatok aránya	0,338	0,312	0,342
	Tömeg [g] kopott állapotban		
	x jelű kopott	**(-) jelű kopottan**	**(/) jelű kopott**
	2750	2550	2760
	Tömeg [g] új állapotban		
	x jelű eredeti	**(-) jelű eredeti**	**(/) jelű eredeti**
	8124,08	8162,06	8075,23
Tömeg arányok	0,338	0,312	0,342

A fentieken túl fontos megállapítás, hogy a kalapácsok aszimmetrikusan koptak. Alsó felületük kopott el jelentős mértékben. Ezt a felületet ésszerűnek tűnik teljes egészében bevonni keményfémmel.

Összegzés, megállapítások

Üzemi vizsgálataink és laboratóriumi méréseink eredményei alapján megállapítottuk, hogy az aprító egység alkatrészeinek keményfém felrakási technológiával történő megerősítése a gép eredeti konstrukcióhoz képesti gazdaságosabb üzemeltetését elősegíti.

A kopás szempontjából a leginkább tartós, legkedvezőbb varratelrendezés a **(/)** jelű kalapácson tapasztalható. Mérési eredményeink alapján ezt a varratelrendezést javasoljuk alkalmazni.

Üzemi vizsgálataink eredményeként megállapítottuk, hogy a kalapácsok alsó felülete kopott el jelentős mértékben. Ezt a felületet ésszerűnek tűnik teljes egészében bevonni keményfémmel.

A kutatómunkánk során javaslatot tettünk további hegesztési varrat elrendezések alkalmazására. Az újabb varratelrendezéseket az alábbi ábrák mutatják. E varratelrendezésekkel további 3 új kalapácsot hegesztettünk fel. Az így megerősített aprítóegység üzemi tapasztalatait a kutatómunkát követő üzemeltetési időszakban az üzemeltető hasznosíthatja az általa leginkább alkalmasnak és gazdaságosnak ítélt hegesztési varratelrendezés kiválasztásához és alkalmazásához.

Felhasznált irodalom

[1] Bártfai Z., Tóth L., Oldal I., Szabó I., Beke J., Schrempf N.: A keverés modellezése a vegyes anyagokat felhasználó biogáz üzemben Mezőgazdasági technika, 2015/8

[2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). (2006). Biogastechnologie zur umweltverträglichen Flüssigmistverwertung und Energiegewinnung in Wasserschutzgebie-ten, (http://www.LfL.bayern.de/publikationen/)

[3] Esteves S., Miltner M., Fletch S.: Folyamatos ellenőrzési útmutató a biogáz és biometán üzemek megfelelő működtetéséhez http://www.fvmmi.hu/file/document/hir/monitoringmagyar.pdf

[4] Gruber, W. (2007). Biogasanlagen in der Landwirtschaft. Aid infodienst Verb-raucherschultz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. Bonn. 1453.

[5] Kougias P. G., Boe K., Thong S. O, Kristensen L. A. and Angelidaki I.: Anaerobic digestion foaming in full-scale biogas plants: a survey on causes and solutions ISWA pub-lishing 2014,

[6] L. Tóth, J. Beke, Z. Bártfai, I. Szabó, I. Oldal, L. Kátai: Critical technology factors of bio-gas plants using mixed materials 6th International Conference on Biosystems Engineering 2015, Tartu, Észtország

[7] Noike T., Li Y.Y. (1989): State of the art on anaerobic bacteria for wastewater treatment. 2. Acid producing bacteria. In: Study on Anaerobic Wastewater Treatment. Japan Society of Civil Enginers. Tokyo

[8] Tamás J., Blaskó L. (2008): Environmental management, Debreceni Egyetem a TÁMOP 4.1.2 pályázat

[9] Tóth L., Beke J., Bártfai Z., Szabó I., Hartdégen G.:Technikai, technológiai jellemzők a vegyes anyagokat felhasználó biogáz üzemekben, Mezőgazdasági Technika, 2014/11.

CIRCULAR ECONOMY:

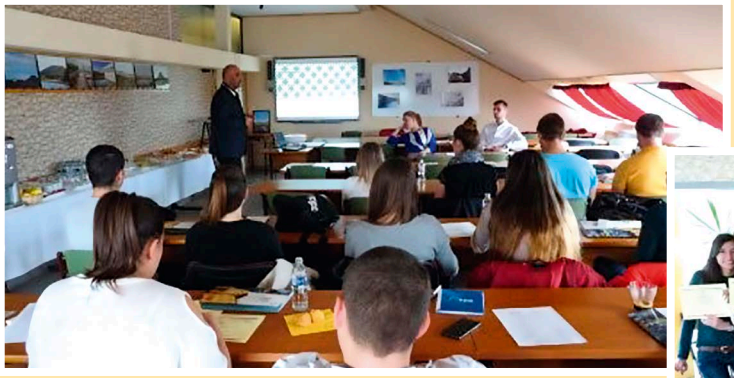
FÓKUSZBAN A MEGÚJULÓ ENERGIA

konferenciát megelőző Tréning programok (http://egt-newenergy.szie.hu/trening-program)

Geotermikus bázisra épített erőmű és hőellátó rendszer vezetékei

Megújuló Energiák és Fenntartható Üzleti Modellek Tréning program

A Tréning program résztvevői



„A megújuló energiák és fenntartható üzleti modellek” tréning

Az Okleveles képzés résztvevőinek egyik csoportja

Cirkuláris üzleti modellek tréning (angol nyelven)

A tréning részvevői

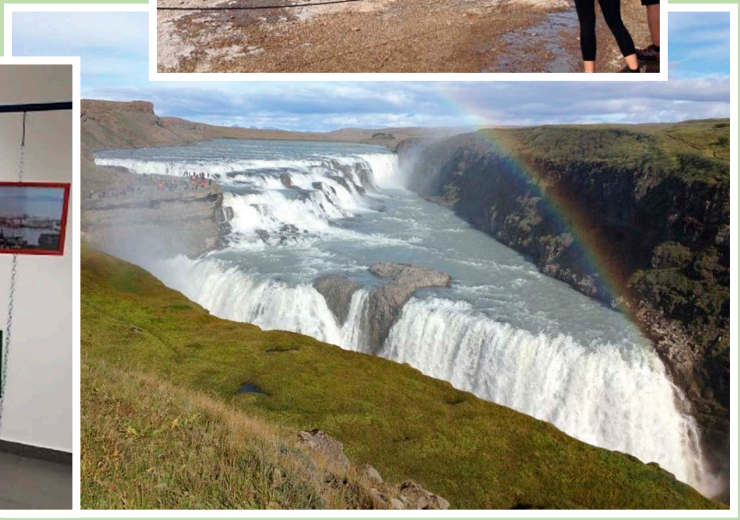
CIRCULAR ECONOMY:

FÓKUSZBAN A MEGÚJULÓ ENERGIA

konferencia program képei

Cirkuláris ökonómia és innováció (angol nyelvű előadások a Reykjavik Egyetem professzoraival)

A plenáris ülés részvevői

Panelbeszélgetés: fenntartható ipari rendszerek és gazdasági aspektusok

Szőke Linda - IZLAND-olás című fotókiállítása a konferencián