



# KONFERENCIAKÖTET

## Conference Proceedings

**Nemzetközi tudományos konferencia  
a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából**  
International Scientific Conference  
on the Occasion of the Hungarian Science Festival

**Sopron, 2024. november 7.**  
7 November 2024, Sopron

**FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET – INNOVÁCIÓS  
ÖKOSZISZTÉMÁK – DIGITÁLIS MEGOLDÁSOK**

SUSTAINABILITY TRANSITIONS – INNOVATION ECOSYSTEMS – DIGITAL SOLUTIONS

Szerkesztők / Editors:

RESPERGER Richárd, SZÉLES Zsuzsanna, TÓTH Balázs István

**Nemzetközi tudományos konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából**  
International Scientific Conference on the Occasion of the Hungarian Science Festival

Sopron, 2024. november 7. / 7 November 2024, Sopron

**FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET – INNOVÁCIÓS  
ÖKOSZISZTÉMÁK – DIGITÁLIS MEGOLDÁSOK**  
SUSTAINABILITY TRANSITIONS – INNOVATION  
ECOSYSTEMS – DIGITAL SOLUTIONS

**KONFERENCIAKÖTET**  
CONFERENCE PROCEEDINGS

LEKTORÁLT TANULMÁNYOK / PEER-REVIEWED PAPERS

Szerkesztők / Editors:

RESPERGER Richárd – SZÉLES Zsuzsanna – TÓTH Balázs István



**SOPRONI EGYETEM KIADÓ**

UNIVERSITY OF SOPRON PRESS

**SOPRON, 2025**

**Nemzetközi tudományos konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából**  
International Scientific Conference on the Occasion of the Hungarian Science Festival

Sopron, 2024. november 7. / 7 November 2024, Sopron



A MAGYAR  
TUDOMÁNY  
ÜNNEPE



HUNGARIAN  
SCIENCE  
FESTIVAL

**A konferencia támogatói / Sponsors of the Conference:**



**Felelős kiadó / Executive Publisher: Prof. Dr. FÁBIÁN Attila**  
**a Soproni Egyetem rektora / Rector of the University of Sopron**

**Szerkesztők / Editors:**

Dr. RESPERGER Richárd, Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna, Dr. habil. TÓTH Balázs István

**Lektorok / Reviewers:**

Dr. habil. BARANYI Aranka, Dr. BARTÓK István, Dr. BEDNÁRIK Éva,  
BAZSÓNÉ Dr. BERTALAN Laura, Dr. CZIRÁKI Gábor, Dr. DIÓSSI Katalin,  
Dr. HOSCHEK Mónika, Dr. habil. JANKÓ Ferenc, Dr. KERESZTES Gábor,  
Dr. habil. KOLOSZÁR László, Dr. NÉMETH Nikoletta, Prof. Dr. OBÁDOVICS Csilla,  
Dr. habil. PAÁR Dávid, Dr. PALANCSA Attila, Dr. habil. PAPP-VÁRY Árpád Ferenc,  
PAPPNÉ Dr. VANCSÓ Judit, Dr. PIRGER Tamás, Dr. POLGÁR András,  
Dr. habil. SZABÓ Zoltán, Dr. RESPERGER Richárd, Prof. Dr. SZÉKELY Csaba,  
Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna, Dr. SZÓKA Károly, Dr. TAKÁTS Alexandra,  
Dr. habil. TÓTH Balázs István, Dr. TÓTH Zsolt György, Dr. habil. VÉRTESEY László

Tördelőszerkesztő / Layout Editor: Dr. RESPERGER Richárd

**ISBN 978-963-334-550-4 (pdf)**

**DOI: [10.35511/978-963-334-550-4](https://doi.org/10.35511/978-963-334-550-4)**

Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

## SZERVEZŐK

Soproni Egyetem Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar (SOE LKK),  
A Soproni Felsőoktatásért Alapítvány

Társszervező: INTI International University, Malaysia

**A konferencia elnöke:** Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna PhD egyetemi tanár, dékán (SOE LKK)

### A konferencia Tudományos Bizottsága:

- Prof. Dr. FÁBIÁN Attila PhD egyetemi tanár (SOE LKK), a Soproni Egyetem rektora;
- Prof. Dr. KULCSÁR László CSc professor emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. OBÁDOVICS Csilla PhD egyetemi tanár, Doktori Iskola-vezető (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZALAY László DSc egyetemi tanár (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZÉKELY Csaba DSc professor emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna PhD egyetemi tanár, dékán (SOE LKK);
- Prof. Dr. Clemens JÄGER PhD egyetemi tanár, dékán (FOM Közgazdaságtudományi és Menedzsment Egyetem, Essen, Németország), c. egyetemi tanár (SOE);
- Prof. Dr. Alfreda ŠAPKAUSKIENĖ PhD egyetemi tanár (Vilnusi Egyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Litvánia);
- Dr. habil. BARANYI Aranka PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. PAPP-VÁRY Árpád Ferenc PhD tudományos főmunkatárs (SOE LKK);
- Dr. habil. POGÁTSZA Zoltán PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. SZABÓ Zoltán PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. TÓTH Balázs István PhD egyetemi docens, a Lámfalussy Kutatóközpont igazgatója (SOE LKK);
- Dr. habil. Eva JANČÍKOVÁ PhD egyetemi docens (Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Kapcsolatok Kar, Szlovákia);
- Dr. Rudolf KUCHARČÍK PhD egyetemi docens, dékán (Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Kapcsolatok Kar, Szlovákia).

### A konferencia Szervező Bizottsága:

- PAPPNÉ Dr. VANCSÓ Judit PhD egyetemi docens, intézetigazgató, dékánhelyettes (SOE LKK);
- Dr. PIRGER Tamás PhD adjunktus, dékánhelyettes (SOE LKK);
- Dr. HOSCHEK Mónika PhD egyetemi docens, intézetigazgató (SOE LKK);
- Dr. NÉMETH Nikoletta PhD egyetemi docens, intézetigazgató (SOE LKK);
- Dr. BARTÓK István János PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. KERESZTES Gábor PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. KOLOSZÁR László PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. SZÓKA Károly PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. DIÓSSI Katalin PhD adjunktus (SOE LKK);
- Dr. RESPERGER Richárd PhD adjunktus (SOE LKK).

## ORGANIZERS

University of Sopron Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics (SOE LKK),  
For the Higher Education in Sopron Foundation

Co-Organizer: INTI International University, Malaysia

**Conference Chairperson:** Prof. Dr. Zsuzsanna SZÉLES PhD Professor, Dean (SOE LKK)

### Scientific Committee:

- Prof. Dr. Attila FÁBIÁN PhD Professor (SOE LKK), Rector of the University of Sopron;
- Prof. Dr. László KULCSÁR CSc Professor Emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. Csilla OBÁDOVICS PhD Professor, Head of Doctoral School (SOE LKK);
- Prof. Dr. László SZALAY DSc Professor (SOE LKK);
- Prof. Dr. Csaba SZÉKELY DSc Professor Emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. Zsuzsanna SZÉLES PhD Professor, Dean (SOE LKK);
- Prof. Dr. Clemens JÄGER PhD Professor, Dean (FOM University of Applied Sciences for Economics and Management, Essen, Germany), Honorary Professor (SOE);
- Prof. Dr. Alfreda ŠAPKAUSKIENĖ PhD Professor (Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration, Lithuania);
- Dr. habil. Aranka BARANYI PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Árpád Ferenc PAPP-VÁRY PhD Senior Research Fellow (SOE LKK);
- Dr. habil. Zoltán POGÁTSA PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Zoltán SZABÓ PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Balázs István TÓTH PhD Associate Professor, Director of the Lamfalussy Research Centre (SOE LKK);
- Dr. habil. Eva JANČÍKOVÁ PhD Associate Professor (University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Slovakia);
- Dr. Rudolf KUCHARČÍK PhD Associate Professor, Dean (University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Slovakia).

### Organizing Committee:

- Dr. Judit PAPPNÉ VANCSÓ PhD Associate Professor, Director of Institute, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. Tamás PIRGER PhD Assistant Professor, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. Mónika HOSCHEK PhD Associate Professor, Director of Institute (SOE LKK);
- Dr. Nikoletta NÉMETH PhD Associate Professor, Director of Institute (SOE LKK);
- Dr. István János BARTÓK PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Gábor KERESZTES PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. László KOLOSZÁR PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Károly SZÓKA PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Katalin DIÓSSI PhD Assistant Professor (SOE LKK);
- Dr. Richárd RESPERGER PhD Assistant Professor (SOE LKK).

## TARTALOMJEGYZÉK / CONTENTS

### 1. szekció: Fenntartható gazdálkodás és menedzsment

*Session 1: Sustainable Economy and Management (in Hungarian and English)*

<b>A kibocsátók nem pénzügyi jelentései a Budapesti Értéktőzsdén</b>	
BARTÓK István János .....	11
<b>Szervezeti kultúra és fenntarthatóság muzeális intézmények tekintetében</b>	
KOVÁCSNÉ LACZKÓ Éva Mária – KOVÁCS Gábor – KÓPHÁZI Andrea .....	20
<b>Analysis of the Relationship Between Nation Brand Value Rankings and Sovereign Credit Ratings</b>	
Aydin ISMAYILOV .....	34
<b>Digitalization in German Hospitals – The Development and Impact on Employees and Patient Satisfaction</b>	
Patricia Carola MERTEN .....	47
<b>Exploring Organisational Resilience Through the Capability-Based View: A Systematic Literature Review</b>	
Patrick SCHMIDT .....	58

### 2. szekció: Pénzügyi és számvitel kérdések a fenntartható gazdasági döntésekben

*Session 2: Financial and Accounting Issues in Sustainable Economic Decisions*

<b>A kriptobányászat technológiai fejlődése és annak hatása a fenntarthatóságra</b>	
KOVÁCS Imre Mátyás – SZEBERÉNYI András .....	79
<b>Nyugdíjas válaszadók pénzügyi attitűdje egy primer kutatás tükrében</b>	
BARANYI Aranka – HACKL János – SZÉLES Zsuzsanna .....	88
<b>A kockázat tradicionális és modern megközelítésének összehasonlítása a fenntarthatóság szempontjából</b>	
CSORBA László .....	97
<b>A kalkulatív kamatláb meghatározásának hatása a beruházásgazdaságossági vizsgálatok eredményére: vállalati esettanulmány</b>	
TÜSKÉS István .....	110

### 3. szekció: Fenntartható turizmus és marketing

*Session 3: Sustainable Tourism and Marketing*

<b>Past, Present, and Future Viewpoints on the Sustainability of Community-Based Tourism: A Bibliometric Study in Southeast Asia</b>	
Thi Thuy Sinh TRAN – Nikoletta NÉMETH – Md. Sadrul Islam SARKER – Nhat Anh NGUYEN .....	120
<b>Városi marketingstratégiák változásai és aktuális trendjei a digitalizációs hatások tükrében</b>	
HIDASAI Andrea .....	139
<b>A háztartások vásárlási szokásainak vizsgálata az infláció aspektusából</b>	
NÉMETH Nikoletta – MÉSZÁROS Katalin – KERESZTES Gábor .....	150

**A vágytól a hűségig, avagy a desztináció iránti lojalitás kialakítása Sárvár példáján keresztül**  
LANGERNÉ VARGA Zsófia ..... 161

**Egyetemi hallgatók és fenntarthatóság**  
MÉSZÁROS Katalin – NÉMETH Nikoletta ..... 176

**Látogatói élmény és fenntarthatóság a kulturális és örökségturizmusban**  
TEVELY Titanilla Virág – BEHRINGER Zsuzsanna ..... 187

**4. szekció: A fenntartható fejlődés globális és regionális vetületei**  
*Session 4: Global and Regional Aspects of Sustainable Development*

**Az Igazságos Átmenet Alap regionális működésének összehasonlító vizsgálata a területi fejlesztési tervek alapján**  
HUBA-VARGA Nikolett – ZÁDORI Iván – PONGRÁCZ Attila ..... 202

**Reference to Environmental Policy Goals in the Recent Case-Law of the CJEU and National Constitutional Courts**  
Ágnes VÁRADI ..... 220

**Savings Group and Local Development: Lessons Learned from Kyrgyzstan**  
Aida MUSAEVA – Jong-Hyon SHIN ..... 229

**5. szekció: Társadalmi kihívások és társadalmi innovációk a fenntartható fejlődésben**  
*Session 5: Social Challenges and Innovations in Sustainable Development*

**Az informális gazdasági magatartás és a kölcsönös szociális szolgáltatások változása a vidéki Magyarországon című kutatás három célterületének társadalmi-gazdasági jellemzése és a változások feltárása 1996-2023 között**  
OBÁDOVICS Csilla – KULCSÁR László ..... 240

**Strategic Analysis of the Implementation of Digital Training Methods in Intermediate-Level Creative Industry Education**  
Krisztián PALÓCZ ..... 253

**A nyugdíjbiztonság fenntarthatóságának kihívásai**  
SZABÓ Zsolt Mihály ..... 276

**A fenntarthatóságot ösztönző támogatások rövid és hosszú távú hatásai – egy játékelméleti modell**  
BRAUN Emese ..... 286

**6. szekció: Sustainable Economy and Management**  
*Session 6: Sustainable Economy and Management (in German and English)*

**Digital vs. Analog Nudges for Sustainable Banking: A Systematic Literature Review**  
Safaâ HOUNA – Károly SZÓKA – Hans Hermann DIRKSEN ..... 301

**Koordinierung konkurrierender Erfolgsfaktoren bei der Anwendung KI-gestützter Software in Fertigungsbetrieben unter VUCA-Bedingungen: Eine Grundlage für ein nachhaltiges und praxisorientiertes Modell**  
Mohammad Reza ROBATIAN – Mike WEISS ..... 313

<b>Führung im Wandel: Wie KI nachhaltige Führung unterstützt – Eine systematische Literaturrecherche</b>	
Nils Andreas EIBER – Zoltán SZABÓ .....	330
<b>Der Einfluss der Verhaltensökonomie auf die Entscheidungsfindung im Umweltbereich – Ein Systematic Literature Review</b>	
Phillipp NOLL – Zoltán SZABÓ .....	341
<b>Financial and Accounting Issues in Sustainable Economic Decisions – Direct Tax Law Comparison Between Hungary and Germany</b>	
Linda Susann MATTHES – Katalin DIÓSSI .....	354

**7. szekció: Sustainable Development and Management**  
*Session 7: Sustainable Development and Management*

<b>The Downward Spiral. The Effect of Toxic Leadership on Social Phenomena in the Work Environment</b>	
Laureana Anna Erika TEICHERT – Roland SEESE .....	371
<b>An Evaluation of Nudging Strategies in Adult Education: A Systematic Literature Review of Their Influence on Learning Behaviour</b>	
Dounia AKARCHI .....	384
<b>Efficient Management of Excess Inventory in the Chip Industry: The Role of Standardised Data Transparency between Distributors, Digital Platforms, and SMEs – A Systematic Literature Review</b>	
Boris ULMER – Prof. Dr. Claudia ROSE .....	391
<b>Exploring the Synergies between Knowledge Management, AI, and Business Sustainability: A Comprehensive Review</b>	
Luca BRAUN .....	407
<b>External Factors Affecting Strategic Management of NGOs Operating in Crisis Affected Areas: A Case Study from Northeast Syria</b>	
Nechirvan OTHMAN – István János BARTÓK .....	422
<b>EU-Jordan Partnerships and Sustainable Development: Exploring Regional Cooperation for Growth</b>	
Mohammad Hani KHLEFAT – Asma MECHTA .....	428
<b>A Path Towards Sustainability: The Potential Synergies of Combining Industry 4.0 and Green Supply Chain Management</b>	
Khouloud CHALLOUF – László KOLOSZÁR – Nikoletta NÉMETH .....	447

**8. szekció: Circular Economy and Sustainability**  
*Session 8: Circular Economy and Sustainability*

<b>Herausforderungen der Integration von KI in Business-Analytics-Plattformen in KMU: Eine systematische Literaturrecherche</b>	
Cihan YILMAZ – Anja HANISCH-BLICHARSKI .....	456
<b>Bridging Visions and Actions: Towards an Integrated Approach in Sustainability Science and Practice</b>	
Malek Mohammed GHAZO .....	468

<b>Space Tourism: From Early Ventures to Future Horizons</b>	
Aileen RABSAHL – Árpád Ferenc PAPP-VÁRY .....	480
<b>The Role of Country and Regional Branding in Shaping the Future of Orbital Space Tourism</b>	
Aileen RABSAHL – Árpád Ferenc PAPP-VÁRY .....	492
<b>The Financial and Accounting Issues of the Circular Business Models</b>	
Máté KRIZA .....	503

**9. szekció: Poszter szekció**  
*Session 9: Poster Session*

<b>Környezetkímélő energiatermelés a mai magyar mezőgazdaságban</b>	
BALLA Jenő .....	517
<b>Digitális megoldások felhasználása a társasjátékokban</b>	
ADORJÁN Balázs – BEDNÁRIK Éva .....	532
<b>A hazai nemzetgazdaság karbonhatékonyságának vizsgálata áganként</b>	
JAKUSCHNÉ KOCSIS Tímea – KOVÁCSNÉ SZÉKELY Ilona – MAGYAR Norbert .....	543
<b>Az ESG-minősítések értékelési módszertanának és eredményeinek összehasonlítása</b>	
SZÉLES Zsuzsanna – BARANYI Aranka – BÍRÓ Tamás .....	551
<b>Creative Industry Value Creation and Sustainable Consumer Experience in the Metamodern Society</b>	
Andrea REMÉNYI .....	568
<b>Harnessing Digital Tools for Sustainable Heritage Tourism: Comparative Analysis of Natural and Cultural Sites in China</b>	
Yuan ZHANG – Yadan LIU – Thi Thuy Sinh TRAN – Zoltán SZABÓ .....	582
<b>Monetary Policy and Exchange Rate Dynamics in Emerging Markets: An Empirical Study of Türkiye</b>	
Avaz MAMMADOV .....	606
<b>Application of AI and Machine Learning for Energy Efficiency to Drive Sustainable Economics: Possible Implications in Azerbaijan</b>	
Kanan MAMMADLI .....	625
<b>Global Minimum Tax in the EU and OECD for an International Company Operating Between Hungary and Germany</b>	
Linda Susann MATTHES – Katalin DIÓSSI .....	637

## Környezetkímélő energiatermelés a mai magyar mezőgazdaságban<sup>1</sup>

*Environmentally Friendly Energy Production in Contemporary Hungarian Agriculture*

**BALLA Jenő**<sup>2</sup>

PhD-hallgató (*PhD Student*)

Széchenyi István Egyetem Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola (*Széchenyi István University, Doctoral School of Regional and Economic Sciences*)

### **Absztrakt:**

A mezőgazdaság fenntarthatósága és a fogyasztói igények kielégítése egyre nagyobb kihívást jelent, miközben sok kihasználatlan lehetőség rejlik benne, például az állattenyésztés melléktermékeinek újrahasznosítása. A tanulmány új megközelítést kínál a környezetkímélő energia-termelésre, amely megoldást nyújt a trágya elhelyezésére és a trágyakezelési előírások betartására. Egy új, helyben alkalmazható eljárást fejlesztettünk ki, amely speciális gépekkel csökkenti a mezőgazdasági telepek energiafüggőségét, és mérsékeli az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. A rendszert Magyarország harmadik legnagyobb szarvasmarha- és sertéstelepén Hajdúböszörményben alakítottuk ki, ahol a trágya kezelése eddig megoldatlan probléma volt. A problémára a következő megoldást kínáltuk a biogáz üzemen, ahol sok „hulladékhő” keletkezik a gázmotor hűtővíz (90 °C) és kipufogó (350–400 °C) rendszeréből adódóan. A termelő hulladékhő mellett rendelkezésre áll a biogáz telep hulladéka / végterméke, a szeparátum. Az ötlet az, hogy a szeparátumot leszárítani 12%-os nedvességtartalomra, majd brikettálni, így az energiát el tudjuk raktározni a téli fűtési szezonra. A speciális brikettégető kazánokban elégetett brikettel közel 56.000.000 forint gázköltséget tudunk megspórolni éves szinten.

**Kulcsszavak:** innováció, fenntarthatóság, brikett, energiafüggőség, trágyakezelés

**JEL-kódok:** Q16, Q42, Q53, O13

### **Abstract:**

Agriculture faces increasing challenges regarding sustainability and meeting consumer demands, while numerous untapped opportunities exist, such as the innovative reuse of by-products from livestock farming. This study introduces a novel approach to environmentally friendly energy production, offering a solution for manure disposal and compliance with current manure management regulations. A new, locally applicable process was developed that, through the use of specialized machinery, reduces the energy dependence of agricultural facilities and decreases greenhouse gas emissions. The system was implemented at Hungary's third-largest cattle and pig farm in Hajdúböszörmény, where manure management has long been a pressing issue. Our solution focuses on utilizing biogas plant by-products, particularly the "waste heat" generated from gas engine cooling water (90 °C) and exhaust systems (350-400 °C). Along with waste heat, the plant's residual by-product, the digestate, is available. The idea is to dry the digestate to 12% moisture content and briquette it, allowing energy to be stored for the winter heating season. By burning the briquettes in special boilers, we can save nearly HUF 56 million in gas annually.

**Keywords:** innovation, sustainability, briquette, energy dependence, manure management

**JEL Codes:** Q16, Q42, Q53, O13

---

<sup>1</sup> Új megvalósult innováció eredménye a szarvasmarhatrágya brikett. / The newly realized innovation results in cattle manure briquettes.

<sup>2</sup> [ballajeno@agroteh.hu](mailto:ballajeno@agroteh.hu)

## 1. Bevezetés

A magyar mezőgazdaságban évek óta sürgető kérdés a hulladékhasznosítás, az energiafüggetlenség elérése és a környezetkímélő megoldások kidolgozása. Ezek a problémák nemcsak gazdasági, hanem környezeti kihívásokat is jelentenek, különös tekintettel az üvegházhatású gázok kibocsátására és a fosszilis energiaforrásoktól való függőségre.

A kifejlesztett szarvasmarhatrágya brikett egy újszerű magyar innováció, amely a körforgásos gazdálkodás elveire építve forradalmasítja a mezőgazdasági hulladékkezelést. A termék nemcsak a mezőgazdasági vállalkozók gazdasági terheinek csökkentéséhez járul hozzá, hanem jelentősen csökkenti a környezeti terhelést is.

A tanulmány bemutatja a szarvasmarhatrágya brikett ötletétől a legyártásáig vezető rögzös utat, a rendszer működését, technológiai megoldásait, valamint annak gazdasági, környezeti és társadalmi hatásait, hangsúlyozva a fenntarthatóság és az energiafüggetlenség jelentőségét.

A tanulmány egy teljesen új oldalról közelíti meg a környezetkímélő energiatermelést a mezőgazdaságban. Ez egy igazi magyar innováció, amit több szakmai szervezet, kiállítás is elismert a legmagasabb szintű elismerésekkel. De a lényeg, hogy mint egy zászlóshajó mintát, megoldást és megvalósítást mutat meg a mezőgazdasági vállalkozóknak, miközben jelentős gazdasági hasznot hoz.

A termék egy komplett folyamat eredménye, magyar fejlesztés, amely során környezetkímélő módon speciális gépek összekapcsolásával biztosítani lehet a fenntartható fejlődést és csökkenteni lehet a mezőgazdasági telepek energiafüggőségét, ezzel csökkentve az üvegházhatást okozó gázok képződését. Esetünkben az alapfelállítás a következő: adott egy szarvasmarhatelep (3.000-es állománnyal) és sertéstelep (28.000-es állománnyal), melynek nincs megoldva a keletkező trágya kezelése. Amellett, hogy gond az elhelyezése, a hasznosítása, a jelenlegi trágyakezelési előírásoknak való megfelelés, mindemellett többletjövedelem realizálása is a célkitűzések között szerepelt.

A problémára a következő megoldást kínáltuk, amely 2015-ben indul el első ütemben a biogáz üzemben, ahol sok „hulladékhő” keletkezik a gázmotor hűtővíz (90 °C) és kipufogó (350–400 °C) rendszeréből adódóan.

A termelődő hulladékhő mellett rendelkezésre áll a biogáz telep hulladéka / végterméke, a szeparátum, melyet csak nyáron tudnak hasznosítani (magas a víztartalma, így állatok almozására nyári időszakban hűsítő hatású, télen azonban túl nedves).

## 2. Téma és szakirodalom ismertetése

A fenntarthatóság és a körforgásos gazdálkodás szerepe a mezőgazdaságban napjaink egyik legfontosabb kutatási területe. A mezőgazdasági tevékenységek jelentős mennyiségű hulladékot termelnek, miközben energiaigényük is jelentős. Az ilyen rendszerek innovációi, például a *szarvasmarhatrágya brikett* előállítás, hatékonyan ötvözik az energiahasznosítást és a hulladékkezelést.

Ez a téma különösen fontos Magyarországon, ahol a mezőgazdaság hagyományosan nagy jelentőségű, és az állattenyésztési ágazatok (szarvasmarha-, sertés- és baromfitartás) nagy mennyiségű szerves hulladékot termelnek. Az energiafüggetlenségre és az üvegházhatású gázok csökkentésére irányuló megoldások nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdasági előnyöket is kínálnak.

### ***Kapcsolódó szakirodalom***

A kutatás során felhasznált szakirodalom megalapozza és elmélyíti a körforgásos gazdálkodás, a biogázüzemek szerepe, a fenntartható mezőgazdaság és az energiafüggetlenség témaköreit. A releváns tanulmányok és jelentések lehetővé teszik, hogy átfogó képet alkossunk ezek elméleti

és gyakorlati vonatkozásairól, miközben bemutatják a nemzetközi tapasztalatokat és trendeket is.

A körforgásos gazdálkodás elméleti alapjait és alkalmazásait Geissdoerfer és szerzőtársai (2017) tanulmánya tárgyalja, amely rávilágít arra, hogy ez a gazdasági modell hogyan szolgálja a fenntarthatóságot. A körforgásos gazdaság lényege, hogy a hulladékot minimalizálja, az erőforrásokat pedig újrahasznosítja, ezáltal csökkentve a lineáris gazdaság káros környezeti hatásait. Az Ellen MacArthur Foundation munkái ehhez kapcsolódva gyakorlati példákat is bemutatnak, kiemelve, hogy a körforgásos gazdálkodás globális mozgalommá vált. Ez a szemléletmód a hulladékokat értékes erőforrásokká alakítja, amelyek újra felhasználhatók az ipari vagy mezőgazdasági folyamatokban, és elősegítik az anyagok életciklusának meghosszabbítását.

A biogázüzemek gazdasági és környezeti jelentőségét az IEA Bioenergy 2018. évi jelentés rávilágít arra, hogy a biogáztechnológia nemcsak energiafüggetlenséget biztosít, hanem hozzájárul a körforgásos gazdálkodás céljainak eléréséhez is azáltal, hogy a mezőgazdasági hulladékokat hasznosítja (Murphy, 2018). Ez a technológia kulcsszerepet játszik a szerves anyagok energetikai célú felhasználásában, miközben csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását. Weiland (2010) cikke a biogáztermelés aktuális helyzetét és jövőbeli kilátásait elemzi, hangsúlyozva a technológiai fejlesztések szükségességét a hatékonyság növelése érdekében. A tanulmány kitér arra is, hogy a biogázüzemek hogyan integrálhatók a mezőgazdasági rendszerekbe, így optimalizálva a hulladékkezelést és az energiafelhasználást.

A fenntartható mezőgazdaság terén Tilman et al. (2002) tanulmánya alaposan vizsgálja az intenzív termelési rendszerek fenntarthatóságát, különösen az energia- és tápanyagforrások hatékony felhasználását. A szerzők rámutatnak arra, hogy a mezőgazdasági rendszerek fenntarthatóságának kulcsa az erőforrások okos kezelése, valamint az innovációk alkalmazása, amelyek csökkentik a környezetre gyakorolt negatív hatásokat. Ehhez kapcsolódik az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (FAO) 2017. évi jelentése, amely globális szinten elemzi a fenntartható élelmiszertermelés kihívásait, beleértve az éghajlatváltozás hatásait, a növekvő népesség energia- és élelmiszerigényét, valamint a természeti erőforrások korlátozott elérhetőségét (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017).

Az energiafüggetlenség és megújuló energiaforrások szerepét az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) 2014. évi jelentése hangsúlyozza, amely kiemeli, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében elengedhetetlen a helyben előállított energia előtérbe helyezése (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015). Ez nemcsak környezeti szempontból előnyös, hanem gazdasági stabilitást is biztosít a gazdaságok számára. Scarlet és szerzőtársai (2015) tanulmánya tovább árnyalja a képet azzal, hogy részletesen elemzi a megújuló energiaforrások integrációját a mezőgazdasági rendszerekbe. A szerzők rámutatnak, hogy a helyben termelt energia jelentős mértékben csökkentheti a fosszilis energia-hordozók iránti igényt, miközben javítja a gazdaságok költséghatékonyságát és fenntarthatóságát.

Ezek a szakirodalmi források megalapozzák a kutatás témájának mélyebb megértését, valamint biztosítják az elméleti és gyakorlati kereteket ahhoz, hogy a körforgásos gazdálkodás, a biogázüzemek és az energiafüggetlenség kérdései alaposan és átfogóan kerüljenek feldolgozásra. A nemzetközi és hazai perspektívák kombinációja lehetőséget ad arra, hogy a kutatás releváns és széles spektrumú legyen, miközben konkrét megoldásokat kínál a fenntartható mezőgazdaság kihívásaira.

### **3. Módszertan és kutatási szemlélet a tanulmányhoz**

#### **3.1. Szemlélet: Környezetkímélő energiatermelés és fenntartható gazdálkodás**

A tanulmány célja, hogy egy olyan átfogó elemzést nyújtson, amely bemutatja a fenntartható energiatermelési megoldások szerepét a magyar mezőgazdaságban. A kutatási szemlélet középpontjában a körforgásos gazdálkodás, a fenntarthatóság, valamint az energiafüggetlenség

áll. A szekunder kutatási megközelítés lehetőséget biztosít a meglévő szakirodalom, statisztikai adatok és technológiai leírások részletes vizsgálatára.

### 3.2. Módszertan: Szekunder kutatás

A tanulmány szekunder kutatási módszert alkalmaz, amely a már létező információk gyűjtésére, elemzésére és értelmezésére fókuszál. Ez a módszer különösen hasznos a mezőgazdasági innovációk és a körforgásos gazdálkodás témakörében, ahol számos szakmai cikk, tudományos publikáció és iparági beszámoló áll rendelkezésre.

### 3.3. Adatgyűjtés forrásai

Az adatgyűjtés forrásai alapvető szerepet játszanak egy kutatás megalapozásában, különösen olyan összetett témák esetében, mint a körforgásos gazdálkodás, a biogázüzemek és az energiafüggetlenség. A kutatás során felhasznált szakirodalmi források, szakmai kiadványok, statisztikai adatok és esettanulmányok biztosítják azokat az információkat, amelyek segítségével a téma átfogó módon feldolgozható.

A szakirodalmi források, például nemzetközi és hazai tudományos publikációk, elengedhetetlenek a kutatás elméleti hátterének megértéséhez. Ezek a publikációk nemcsak a körforgásos gazdálkodás és a biogázüzemek működésének részletes elemzését nyújtják, hanem bemutatják a legújabb kutatási eredményeket és trendeket is. Szakterületi könyvek és monográfiák lehetővé teszik az adott témakör mélyebb megértését, például az energiafüggetlenség technológiai és gazdasági vonatkozásait. Ezek a források egyrészt biztosítják a kutatás tudományos megalapozottságát, másrészt segítenek az alapfogalmak tisztázásában és az alkalmazott módszertan indoklásában.

A szakmai kiadványok és konferenciák gyakorlati szempontból gazdagítják a kutatást. Az AGROMashEXPO és más mezőgazdasági innovációs rendezvények például olyan konkrét példákat és tapasztalatokat mutatnak be, amelyek a legújabb technológiák alkalmazásával kapcsolatosak. A *Magyar Mezőgazdaság* kiadványai pedig átfogó képet nyújtanak a magyar agrárszektor helyzetéről, különös tekintettel a fenntarthatóság és az innováció témáira. Ezek az információk gyakran részletes technikai leírásokat is tartalmaznak, amelyek közvetlenül kapcsolódnak a kutatás tárgyához, például a marhatrágyabrikett rendszer működéséhez (Összefogás Győrért, 2019).

A statisztikai adatok szintén nélkülözhetetlenek a kutatás empirikus alapjainak megteremtéséhez. A FAO és a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) által közzétett adatok pontos képet adnak a magyar mezőgazdaság hulladéktermeléséről, energiafelhasználásáról és az üvegházhatású gázok kibocsátásáról. Az IPCC jelentései pedig globális szinten vizsgálják a mezőgazdaság környezeti hatásait, kiemelve a metánkibocsátás problémáját és annak megoldási lehetőségeit. Ezek az adatok lehetővé teszik a hazai helyzet összehasonlítását a nemzetközi trendekkel, valamint a kutatásban szereplő állítások kvantitatív alátámasztását.

Az esettanulmányok különösen fontosak, mivel konkrét példákon keresztül mutatják be az adott megoldások gyakorlati alkalmazását és hatásait. A MARHA-VARÁZS brikettgyártási rendszerének elemzése például részletes betekintést nyújt abba, hogy miként lehet a szarvasmarhatrágya és a biogázüzemek melléktermékeit hatékonyan hasznosítani a fenntarthatóság és az energiafüggetlenség jegyében. Az ilyen rendszerek nemzetközi példái, például Németországban és Dániában működő biogázüzemek, további perspektívát adnak a kutatáshoz, bemutatva, hogy hasonló innovációk hogyan valósultak meg különböző gazdasági és szabályozási környezetben.

Összességében az adatgyűjtés forrásai biztosítják a kutatás alapját, lehetővé téve az elméleti és gyakorlati szempontok integrációját. Ezek az információk nemcsak a kutatás megalapozását szolgálják, hanem hozzájárulnak ahhoz is, hogy a vizsgált téma átfogóan és alaposan bemutatható legyen. Az eltérő típusú források kombinációja biztosítja, hogy a kutatás mind tudományos, mind gyakorlati szempontból releváns és hasznos legyen.

### 3.4. Elemzési technikák

A szekunder kutatás során alkalmazott elemzési technikák közül az egyik legfontosabb a komparatív elemzés, amely lehetővé teszi a különböző országok vagy régiók megközelítéseinek és eredményeinek összehasonlítását. Ez különösen hasznos az energiafüggetlenségre és hulladékhasznosításra irányuló megoldások vizsgálatakor, mivel ezek a területek nagyban függenek az adott ország gazdasági, technológiai és szabályozási kontextusától. Magyarország például a mezőgazdasági hulladékok energetikai célú hasznosításában eltérő kihívásokkal néz szembe, mint például Németország vagy Dánia, ahol a biogázüzemek már széles körben elterjedtek. A komparatív elemzés segítségével azonosíthatók azok a nemzetközi bevált gyakorlatok, amelyek adaptálhatók a magyar viszonyokra, miközben feltárhatók azok a területek is, ahol hazai innovációk nyújthatnak megoldást.

A szintézis technikája szintén kulcsszerepet játszik a szekunder kutatásban, mivel a különböző forrásokból származó információkat egy átfogó keretbe helyezi. Ez lehetővé teszi, hogy a kutató az energiahasznosítás, a tápanyag-visszapótlás vagy a hulladékkezelés terén összegyűjtött adatokat integráltan elemezze, megvilágítva a körforgásos gazdálkodás hatásait. A különböző nézőpontok és eredmények összegzése révén komplex problémák is megérthetőek, például a biogázüzemek működésének környezeti, gazdasági és társadalmi dimenziói. A szintézis különösen akkor válik hasznossá, ha a kutatás interdiszciplináris jellegű, és több területet is érint, mint például az agronómia, az energetika és a gazdaságtan.

A trendek és prognózisok elemzése a meglévő adatok alapján betekintést nyújt a fenntartható mezőgazdaság jövőbeli irányába. Ez a technika lehetővé teszi a kutatók számára, hogy előre jelezzék, milyen hatásai lehetnek például a megújuló energiaforrások elterjedésének, a szabályozási változásoknak vagy az új technológiák, például az automatizált hulladékkezelő rendszerek bevezetésének. Az ilyen előrejelzések hozzájárulhatnak a stratégiai döntéshozatalhoz, például annak megtervezéséhez, hogy hogyan lehet továbbfejleszteni a szarvasmarhatrágya briklett rendszerhez hasonló innovációkat, hogy azok a jövőbeli piaci igényeket is kielégítsék. A trendek elemzése egyben rávilágíthat azokra a kockázatokra is, amelyekkel a fenntartható mezőgazdaság szembenézhet, például az éghajlatváltozás vagy az energiaárak ingadozása.

Ezek az elemzési technikák külön-külön is jelentős értékkel bírnak, de egymással kombinálva lehetőséget nyújtanak a mezőgazdasági fenntarthatóság komplex kérdéseinek mélyreható és széles körű vizsgálatára. Az összehasonlító elemzések feltárják a különbségeket és a hasonlóságokat, a szintézis összefoglalja az eltérő forrásokat, míg a trendek elemzése és a prognózisok segítenek a jövőbeli lehetőségek és kihívások megértésében. Ezáltal a kutatás nemcsak a jelenlegi helyzet átfogó elemzését biztosítja, hanem a jövőre vonatkozó stratégiai javaslatokat is megalapozhatja.

### 3.5. Kutatási irányok és relevancia

Az energiafüggetlenség megteremtése kulcsfontosságú cél a mezőgazdaságban, mivel a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőség nemcsak gazdasági, hanem környezeti kockázatokat is rejt magában. A helyben előállított energia, például a biogázüzemekből nyert hő és villamos energia, lehetőséget nyújt arra, hogy a gazdaságok önállóbbá váljanak, és csökkentsék a külső energiaforrások iránti igényüket. Ez nemcsak stabilabb energiaellátást biztosít, hanem jelentős költségmegtakarítással is jár, mivel a fosszilis tüzelőanyagok árának ingadozása elkerülhetővé válik. Ezenkívül az energia helyben történő előállítása csökkenti a szállítási láncok hosszát, amely szintén hozzájárul a fenntarthatósághoz.

A tápanyag-visszapótlás ugyancsak kiemelkedő jelentőségű a modern mezőgazdaságban, különösen a talajok termőképességének hosszú távú fenntartása érdekében. A szerves hulladékok, például a szarvasmarhatrágya és más mezőgazdasági melléktermékek, természetes alter-

natívát kínálnak a kémiai műtrágyákkal szemben. Ezek az anyagok nemcsak a talaj tápanyag-szintjét pótolják, hanem javítják annak szerkezetét és biológiai aktivitását is. A természetes eredetű tápanyagok alkalmazása csökkenti a talaj kémiai terhelését, így hozzájárul a talaj hosszú távú egészségéhez és a mezőgazdasági termelés fenntarthatóságához.

A környezetvédelem szempontjából az ilyen megoldások jelentős előnyökkel járnak. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében a biogázüzemekben a metánt energia-termelésre hasznosítják, ami jóval kisebb környezeti terhelést jelent, mintha az szabadon a légkörbe kerülne. Ezáltal mérséklődik a mezőgazdaság ökológiai lábnyoma. Emellett a talajminőség megőrzése is kulcsszerepet kap: a természetes tápanyag-visszapótlás révén a talaj kevésbé szorul kémiai beavatkozásra, ami hosszú távon biztosítja a termelés fenntarthatóságát és a biodiverzitás fenntartását. Az ilyen átfogó megközelítések nemcsak a jelenlegi generációk, hanem a jövő számára is fenntartható és élhető környezetet teremtenek.

A témához kapcsolódó szakirodalom alapján egyértelműen látható, hogy a körforgásos gazdálkodásra épülő rendszerek, a fenntartható fejlődés kulcsfontosságú eszközei. Ezek a rendszerek nemcsak gazdasági szempontból életképesek, hanem hozzájárulnak a mezőgazdaság környezeti lábnyomának csökkentéséhez is.

#### **4. A fenntarthatóság és a körforgásos gazdálkodás elvei**

A fenntartható fejlődés egy olyan átfogó koncepció, amelynek megvalósítása a társadalmi, gazdasági és környezeti dimenziók kiegyensúlyozott integrációját igényli. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy a jelen generációk szükségletei kielégítésre kerüljenek anélkül, hogy veszélyeztetnék a jövő generációk lehetőségeit. Három alapvető pilléren nyugszik, amelyek egyaránt fontosak a fenntarthatóság céljainak eléréséhez.

A környezeti fenntarthatóság központi szerepet játszik, hiszen a természetes erőforrások túlzott kihasználása és a környezeti terhelés hosszú távon fenyegeti az ökoszisztémák működését. Az erőforrások felelős felhasználása, például a víz, a talaj és az energia esetében, elengedhetetlen ahhoz, hogy biztosítsuk azok elérhetőségét a jövőben is. Ehhez hozzátartozik a hulladéktermelés csökkentése, amely a körforgásos gazdálkodási rendszerek révén érhető el. A biogázüzemek vagy a természetes tápanyag-visszapótlási technológiák példái annak, hogyan lehet minimalizálni a hulladékot és maximalizálni az erőforrások hasznosítását. Emellett az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése alapvető cél, hiszen a klímaváltozás kezelése nélkülözhetetlen a fenntartható fejlődéshez.

A gazdasági fenntarthatóság a termelési folyamatok hatékonyságának és stabilitásának megteremtését célozza. Ez azt jelenti, hogy a gazdasági rendszereknek nemcsak nyereségesnek kell lenniük, hanem hosszú távon is fenn kell tudniuk tartani a működésüket. Ennek egyik kulcsa a költséghatékony termelési megoldások alkalmazása, például az energiafüggség csökkentése helyben előállított megújuló energiaforrásokkal. Egy fenntartható gazdaság képes ellenállni a piaci ingadozásoknak, és elősegíti a helyi gazdaságok megerősödését, ami különösen fontos a mezőgazdaság területén. A mezőgazdasági termelők számára például a hulladékból előállított energia vagy a helyben hasznosított tápanyagok nemcsak költségeiket csökkentik, hanem növelik gazdasági ellenálló képességüket is.

A társadalmi fenntarthatóság arra összpontosít, hogy a gazdasági és környezeti célok ne menjenek a társadalmi jólét rovására, sőt, támogassák azt. Ez különösen fontos a vidéki térségekben, ahol a mezőgazdaság és a kapcsolódó iparágak jelentős munkahelyeket biztosítanak. A fenntartható rendszerek, mint például a biogázüzemek vagy a tápanyag-visszapótlási technológiák, nemcsak környezeti és gazdasági előnyökkel járnak, hanem hozzájárulnak a munkahelyek számának növekedéséhez is. Ez a helyi közösségek megerősítését szolgálja, csökkenti a vidéki elvándorlást, és támogatja az életminőség javulását.

A három pillér szorosan összefügg: a környezetvédelem csak akkor lehet hatékony, ha gazdaságilag életképes megoldásokkal párosul, és ha ezek elősegítik a társadalmi jólétet. A

fenntartható fejlődés megvalósításához szükség van arra, hogy ezek a dimenziók egymást erősítsék, és közösen biztosítsák egy élhetőbb, fenntartható jövő alapjait (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

#### **4.1. Körforgásos gazdálkodás a gyakorlatban**

A körforgásos gazdálkodás gyakorlati megvalósítása forradalmasítja a mezőgazdaság hulladékkezelését, azáltal hogy a termelési folyamat során keletkező melléktermékeket újrahasznosítja, és azokból értékes erőforrásokat állít elő. Ez a megközelítés alapvetően szakít a lineáris gazdálkodási modellel, amely a „termel-felhasznál-elhelyez” folyamatot követi, és helyette egy zárt körforgást hoz létre, ahol a hulladékok visszakerülnek a termelési ciklusba. A szarvasmarhatrágya brikett rendszer kiváló példa a körforgásos gazdálkodás gyakorlati alkalmazására, amely hatékonyan hasznosítja a szarvasmarha- és sertéstelepeken keletkező trágyát.

A rendszer egyik kulcsa az erőforrás-hatékonyság, amelyet a hulladékok újrahasznosítása révén érnek el. A szarvasmarha- és sertéstrágya nem kerül kidobásra vagy káros módon ártalmatlanításra, hanem értékes nyersanyagként szolgál a biogáz előállításához és a tápanyag-visszapótláshoz. Ezáltal jelentősen csökkenthető az olyan külső inputanyagok szükségessége, mint a kémiai műtrágyák vagy a fosszilis tüzelőanyagok, ami nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdasági szempontból is előnyös.

A körforgásos gazdálkodás másik fontos eleme a hulladék minimalizálása. A biogázüzemek által termelt melléktermékek, például a szeparált trágya, korábban gyakran problémát jelentettek a mezőgazdasági telepek számára. Ezek az anyagok azonban a körforgásos gazdálkodás keretében értékes termékekké alakíthatók. A szárítás és brikettálás folyamata révén olyan brikettek készülnek, amelyek nemcsak energiaforrásként, hanem tápanyag-visszapótló anyagként is hasznosíthatók. Ez a gyakorlat nemcsak csökkenti a hulladék mennyiségét, hanem új bevételi forrást is teremt a mezőgazdasági termelők számára.

Az energiafüggetlenség megteremtése szintén a körforgásos gazdálkodás egyik legfontosabb célja és eredménye. A szarvasmarha- és sertéstelepeken keletkező biogáz nemcsak hő- és villamosenergia-termelésre alkalmas, hanem lehetőséget nyújt a fosszilis energiaforrások részleges vagy teljes kiváltására is. A hulladékhő hasznosításával tovább növelhető a rendszer hatékonysága, mivel a szárítási és egyéb folyamatok során keletkező hőt is visszaforgatják a termelési ciklusba. Ezáltal a telepek nemcsak költségeiket csökkenthetik, hanem hozzájárulhatnak az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérsékléséhez is, ami a fenntarthatósági célok elérésében kiemelt jelentőségű (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023).

A körforgásos gazdálkodás gyakorlati alkalmazása, például a szarvasmarhatrágya brikett rendszer, tehát nemcsak a mezőgazdasági hulladékok problémájára nyújt megoldást, hanem egyúttal fenntarthatóbbá, gazdaságosabbá és környezettudatosabbá teszi az egész termelési folyamatot. Ez az integrált megközelítés a mezőgazdaság jövőjének egyik legígéretesebb útja, amely egyszerre szolgálja a gazdasági növekedést, a környezeti felelősségvállalást és a vidéki közösségek megerősítését.

### **5. A biogázüzemek szerepe a szarvasmarhatrágya brikett rendszerben**

#### **5.1. Hogyan működik egy biogázüzem**

A biogázüzemek működése az anaerob lebontási folyamaton alapul, amelynek során a mezőgazdaságban és más ágazatokban keletkező szerves hulladékokból értékes energiát és melléktermékeket állítanak elő. Ezek az üzemek kulcsfontosságú szerepet töltenek be a körforgásos gazdálkodásban, hiszen nemcsak az energiafüggetlenség megteremtésében segítenek, hanem a hulladék minimalizálásában és a tápanyag-visszapótlásban is.

A működési folyamat első lépése az alapanyagok gyűjtése, amely során különböző típusú szerves hulladékokat, például szarvasmarha- és sertés trágyát, valamint mezőgazdasági melléktermékeket, mint szalmát vagy kukoricaszárát, juttatnak a biogázüzem fermentoraiba. Ezek az anyagok kiváló alapanyagot nyújtanak, mivel magas szervesanyag-tartalmuk lehetővé teszi a biogáz hatékony előállítását. A fermentorokban az alapanyagokat megfelelő arányban keverik össze, hogy biztosítsák az optimális anaerob lebontási körülményeket.

Az anaerob lebontási folyamat során a szerves anyagokat oxigéntől elzárt környezetben mikroorganizmusok bontják le. Ez a folyamat több szakaszból áll, beleértve a hidrolízist, a savképződést és a metánképződést. A lebontás eredményeként keletkező gáz, amely főként metánból ( $\text{CH}_4$ ) és szén-dioxidból ( $\text{CO}_2$ ) áll, biogázként ismert. A metán az energiaforrás szempontjából a legfontosabb komponens, mivel magas fűtőértékkel rendelkezik, míg a szén-dioxid a gáz természetes kísérője, amely nem használható közvetlenül energiatermelésre.

A következő lépésben a metánt gázmotorokban égetik el, amely folyamat során hőt és villamos energiát állítanak elő. A keletkező villamos energia az üzem saját energiaellátását biztosítja, és a felesleg továbbértékesíthető az energiahálózat számára. A folyamat során keletkező hőenergia szintén hasznosítható, például az alapanyagok szárítására, ami tovább növeli az üzem energiahatékonyságát. Ez a hulladékhő újrafelhasználása a biogázüzemek egyik legfontosabb előnye, amely különösen releváns a környezetkímélő technológiák esetében.

A biogáztermelés mellett az anaerob folyamat végtermékei is értékesek. A fermentorokból kikerülő anyagot szeparátumnak nevezik, amely magas szervesanyag- és tápanyagtartalmú melléktermék. Ezt a szeparátumot különböző célokra hasznosíthatják: a mezőgazdaságban közvetlenül talajjavításra használható, vagy szárítás és brikettálás után könnyen kezelhető formában értékesíthető. A szárított szeparátumból készített brikettek például tápanyag-visszapótlóként alkalmazhatók, amelyek fokozatosan bocsátják ki a talaj számára szükséges anyagokat, hozzájárulva ezzel a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokhoz.

A biogázüzemek tehát nemcsak energiaforrásként szolgálnak, hanem a fenntarthatóság átfogó modelljét is képviselik. Azáltal, hogy a szerves hulladékokat energiává és tápanyaggá alakítják, minimalizálják a mezőgazdasági tevékenységek környezeti terhelését, miközben gazdasági hasznot is biztosítanak az üzemeltetők számára. Ez a komplex folyamat hozzájárul az energiafüggetlenséghez, a környezetvédelemhez és a mezőgazdasági rendszerek hosszú távú fenntarthatóságához.

## **5.2. A hulladékhő hasznosítása**

Az alapötlet az, hogy a szeparátumot le kell szárítani 12%-os nedvességtartalomra, majd brikettálni.

Fontos hangsúlyozni, hogy az eddig hulladékként kezelt hő és a szintén hulladékként kezelt szeparátum felhasználásával kerül előállításra a brikett, mint végtermék, melyet speciális brikettégető kazánokban lehet elégetni, így az energiát tárolni lehet, majd később fűtésre lehet alkalmazni.

Jelenleg az energia elraktározása és későbbi felhasználása komoly feladat. Ezzel a megoldással a rendelkezésre álló erőforrások felhasználásával tárolható energiát tudunk előállítani.

A biogázüzemek gázmotorjainak hűtőrendszeréből és kipufogógázaiból származó hulladékhő (350–400°C) korábban kihasználatlan volt. A szarvasmarhatrágya brikett rendszer ezt a hőt a szeparátum szárítására használja, ezzel minimalizálva az energiafogyasztást és a környezeti terhelést. A szárító a gázmotor hulladék hőjével üzemel (Avar, 2019).

## **5.3. A termék újszerűsége**

A termék újszerűsége abból adódik, hogy a biogáz telepen rendelkezésre álló hulladékhőből és szeparátumból tárolható energiát állítunk elő plusz gáz ill. villamosenergia felhasználása nélkül. Ez az új termék a mezőgazdasági állattartótelepek energiafüggőségét tudja mérsékelni.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért nem terjedt még el Magyarországon ez a technológia? A megoldás kulcsa az újítások iránti elkötelezettségben keresendő, de fontos a szakértő munkatársak megléte, akik magukénak vallják és szívügyükként kezelik a feladatot.

Fontos tényezőként itt kell megemlíteni a gazdaság méretét és az alapanyagok, inputok meglétét, amely elengedhetetlen feltétele a gazdaságos tevékenységnek. Számítások azt támasztják alá, hogy min. 1.000 db szarvasmarha szükséges a gazdaságos üzemeltetéshez.

#### **5.4. A termék környezetre és a gazdálkodásra gyakorolt pozitív hatásának leírása**

A termék a környezettudatosság egyik zászlóshajója, mivel a biogáz telep hulladékhőjének felhasználásával segíti elő az üvegházhatást okozó gázok csökkenését azzal, hogy külső energia – gáz ill. villamosenergia – felhasználása nélkül állít elő brikettben raktározható energiát.

Fontos itt megemlíteni, hogy a tanulmányok szerint az üvegházhatást okozó gázokban a trágyából felszabaduló metán 16–18%-ban van jelen. Ezért is fontos a környezettudatos trágyakezelés, melynek során a biogáz üzemekben a metánt gázmotorral elégetik. A gázmotor hatásfoka elég alacsony, mivel a bevitt energia 40%-át lehet csak villamos energiává alakítani, a fennmaradó 60% hulladék hő lesz, amit a jelen termékkel kívánunk hasznosítani!

Az állattartás önköltségét tudjuk ezzel a termékkel tovább javítani, mivel a téli fűtést a saját brikettel meg lehet oldani a jelenlegi gázenergia igénybevétele nélkül. A szárított szeparátummal a téli időszakban szükség esetén akár még almozni is lehet.

A növénytermelés önköltségét is tudjuk az új termékkel csökkenteni, ha a speciális 30–50 mm átmérőjű korongbriketteket a tápanyag visszapótlásban kijuttatjuk a növényi kultúrákba, így csökkentve pl. a műtrágyázás költségét.

A termék innovációjának hatása az ágazati technológiákra (hiánypótló megoldás, hatékonyság, termelékenység, minőségi javulás, stb.).

A termék innovációja jelentős hatással bír a mezőgazdaságra, mind az állattartó ágazatra, mind pedig a növénytermesztésre, mivel az előállítás önköltségét lehet csökkenteni, így versenyképesebbé lehet tenni a mezőgazdasági termékek előállítását.

Jelenleg ilyen módszer másutt nem létezik, de reméljük, hogy a következő években elterjed, mivel a hulladékhő és további mezőgazdasági melléktermékek pl. szeparátum, zöldhulladék, szalma, kukoricaszár, repceszár, napraforgó héj felhasználásával brikettet lehet előállítani, melyet fűtésre illetve tápanyag visszapótlásra lehet használni.

#### **5.5. Műszaki, technológiai leírás, termékismertető**

A biogázüzem végterméke a szeparátum, amely kb. 70 nedvességszázalékosan érkezik a biogáz üzem szeparátorából közvetlenül a MultiMix-be, ahol egy nagyteljesítményű keverő homogénizálja a szeparátumot. Itt lehetőség van hozzáadott egyéb mezőgazdasági melléktermékekkel pl. zöld hulladék, szalma, kukoricaszár, repceszár, napraforgó héj, stb. az alapanyagot befolyásolni. A MultiMix mérőcellákkal van ellátva, amely pontos információkat nyújt a bemeneti anyag mennyiségéről.

Az alapanyagot a MultiMix egy 7 méter hosszú csigán keresztül viszi fel a 4,5 magasan lévő szárító tartályába, ahol a szintérzékelő szabályozza a MultiMix pontos adagolását.

A szárító a 70 nedvességszázalékos anyagot maximum 12 nedvességszázalékra szárítja le a biogáz gázmotorjának hulladékhőjével, amely egy gőzvezetéken keresztül jut el a szárítóhoz. Hangsúlyozzuk, hogy a szárító hulladékhővel működik, ami eddig nem volt hasznosítva! A szárított anyag egy minőségellenőrzésen megy át a kiadagoló rendszeren keresztül. Itt egy mechanikus útváltó határozza meg, hogy az anyag mehet-e a brikettálóba brikettálásra vagy egy tárolóba továbbítódik, ahonnan az anyag almózásra kerül.

A brikettáló speciális, kb. 50mm átmérőjű korongbriketteket (briklett) készít, melynek nagy előnye, hogy nem igényel speciális brikett- ill. pelletkazánt, így könnyen kezelhető és hasznosítható brikettet kapunk.



**1. ábra: Késztermék szarvasmarhatrágya briklett**

Forrás: Saját fotó

2020-ban a folyamatos fejlesztés folytatódott egy brikettsomagoló gép beállításával, amely biztosítja a brikett max. 12 nedvességszázalékosságát, így hónapokig raktározhatóvá válik az energia és a későbbi értékesítése is könnyebb lesz.

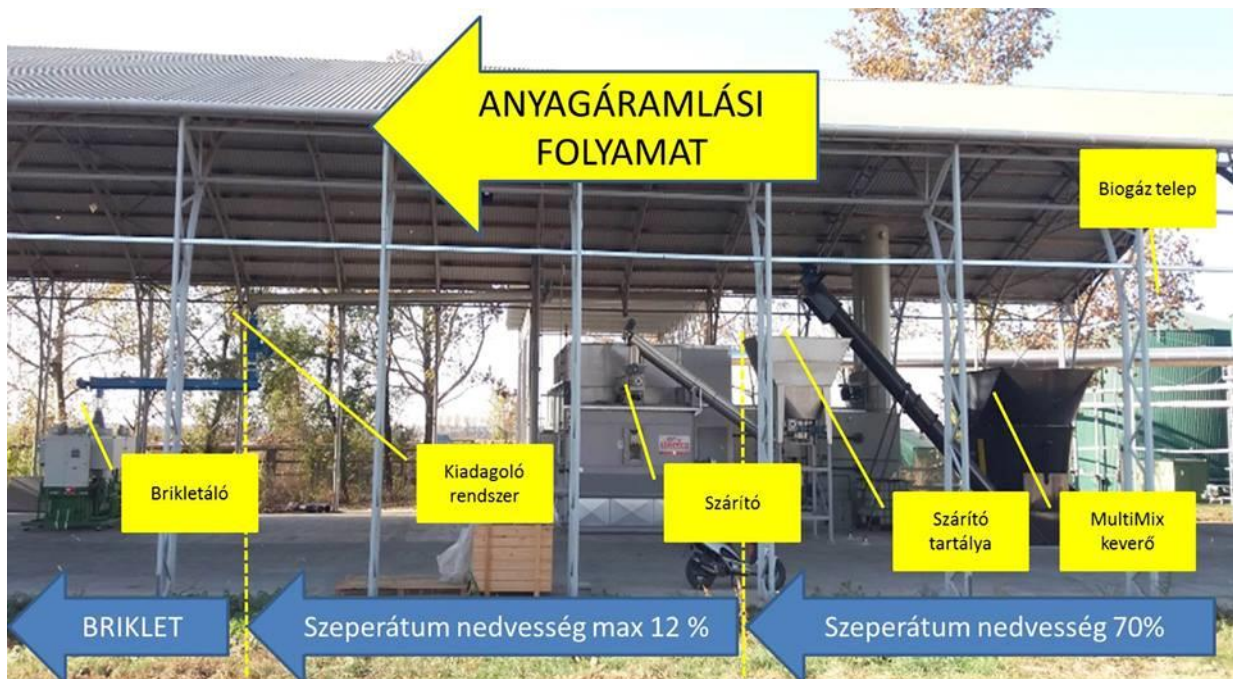
Elsődleges cél az, hogy a brikett a saját kazánokban legyen elégetve, így biztosítva pl. a sertéstelep fűtését, ezzel a jelenlegi gázfüggőséget megszüntetve, úgy, hogy a saját rendelkezésre álló energiát és alapanyagokat felhasználjuk a költséghatékonyság és a környezettudatosság jegyében. De amennyiben a terveink bejönnek és a szükséges engedélyeket megkapjuk, kiskereskedelmi értékesítésben tápanyag visszapótlásra is szeretnénk értékesíteni.

Technológiai folyamatok lépései:

1. *Szeperálás:* A trágyából kiválasztják a magas nedvességtartalmú szerves anyagot, amely a MultiMix rendszerbe kerül homogenizálásra.
2. *Szárítás:* A szeperátum nedvességtartalmát a biogázüzem hulladékhőjével 12%-ra csökkentik, amely ideális a brikettáláshoz.
3. *Brikettálás:* A szárított anyagból korong alakú briketteket állítanak elő, amelyek fűtőanyagként és tápanyag-utánpótlóként is alkalmazhatók.

Felhasználási lehetőségek:

- *Energiaforrásként:* A brikett magas fűtőértéke lehetővé teszi, hogy kazánokban tüzelőanyagként használják. Esetünkbe speciális kazánokban égetjük el a szarvasmarhatrágya brikettet, így biztosítva a sertéstelep fűtését.



**2. ábra: Termék gyártásának folyamata**

Forrás: Saját szerkesztés

## 5.6. Környezeti és gazdasági hatások

### 5.6.1. Környezeti hatások

A körforgásos gazdálkodás és a biogázüzemek működése jelentős pozitív környezeti hatásokkal jár, amelyek közvetlenül hozzájárulnak a fenntartható fejlődés céljainak megvalósításához. Ezek az előnyök több szinten érvényesülnek, beleértve az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, a talajvédelem elősegítését és a vízminőség megővését.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése az egyik legfontosabb környezeti eredménye a biogázüzemek működésének. A trágyában természetesen jelen lévő metán, amely az egyik legjelentősebb üvegházhatású gáz, normál körülmények között a légkörbe kerülne, jelentősen növelve a mezőgazdaság környezeti lábnyomát. A biogázüzemek azonban képesek ezt a metánt összegyűjteni és energiatermelésre hasznosítani, így minimalizálva annak közvetlen környezeti hatását. Ezáltal a metán nemcsak hogy nem terheli tovább a légkört, hanem értékes energiaforrásként szolgál, amely hozzájárul az energiafüggetlenséghez és a fosszilis tüzelőanyagok kiváltásához. Az ilyen technológiák integrálása a mezőgazdaságba alapvetően csökkenti az ágazat szén-dioxid-egyenértékű kibocsátását, amely kritikus fontosságú a klímaváltozás elleni küzdelemben.

A talajvédelem szintén kiemelkedő előnye a körforgásos gazdálkodásnak. A biogázüzemek melléktermékeiből készült brikettek, amelyek természetes összetevőket tartalmaznak, kiválóan alkalmasak a talaj termékenységének fenntartására. Ezek a brikettek fokozatosan bocsátják ki a növények számára szükséges tápanyagokat, így nemcsak a növénytermesztés hatékonyságát növelik, hanem csökkentik a kémiai műtrágyák használatának szükségességét is. A kémiai műtrágyák túlzott alkalmazása hosszú távon káros hatással lehet a talaj egészségére, mivel savasodást okozhatnak, és károsíthatják a talaj mikrobiológiai egyensúlyát. A természetes alapanyagú trágyázás azonban elősegíti a talaj biológiai aktivitásának fenntartását, hosszú távon biztosítva annak termőképességét és egészségét (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023).

A vízvédelem egy másik fontos aspektusa a biogázüzemek és a körforgásos gazdálkodás működésének. A lassú tápanyag-leadású brikettek alkalmazása jelentősen csökkenti a nitrogén-

és foszforkimosódás kockázatát, amely gyakori probléma a kémiai műtrágyák használata esetén. Amikor a kémiai műtrágyák túlzottan gyorsan oldódnak ki, a felesleges tápanyagok a talajból a vízgyűjtőkbe kerülnek, hozzájárulva az eutrofizáció jelenségéhez, amely a tavak és folyók vízminőségének romlásához vezet. Ezzel szemben a természetes trágyázási technikák, mint például a brikettált szarvasmarhatrágya használata, lehetővé teszik a tápanyagok fokozatos felszabadulását, minimalizálva a vízszennyezés veszélyét. Ez különösen fontos a felszíni és felszín alatti vizek védelme szempontjából, amely elengedhetetlen a mezőgazdaság fenntartható működéséhez.

Ezek a környezeti hatások szorosan összefüggenek egymással, és együtt alkotják a körforgásos gazdálkodás fenntarthatóságának alapját. Az üvegházhatású gázok csökkentése, a talaj termékenységének megőrzése és a vízminőség védelme mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a mezőgazdasági tevékenységek hosszú távon is környezetbarát módon valósuljanak meg. Ezek a technológiák nemcsak a mezőgazdaság környezeti lábnyomát mérsékelik, hanem biztosítják a termelési rendszerek stabilitását és a természeti erőforrások megőrzését a jövő generációi számára (Vértesy, 2023)

### 5.6.2. Gazdasági hatások

A körforgásos gazdálkodás és a biogázüzemek működése nemcsak környezeti, hanem jelentős gazdasági előnyökkel is jár, amelyek hozzájárulnak a mezőgazdasági vállalkozások fenntarthatóságához és versenyképességéhez. Az egyik legfontosabb gazdasági hatás az energiaköltségek csökkentése, amely a saját energia előállításából származik. A biogázüzemekben termelt hő és villamos energia lehetőséget ad arra, hogy a gazdaságok kiváltsák a külső energiaforrásokat, például a földgázt vagy a villamos energiát. Egy átlagos méretű szarvasmarhahagyó sertéstelep, amely képes saját energiaigényét fedezni, évente több tízmillió forintot takaríthat meg. Ez a megtakarítás hosszú távon stabilitást biztosít a gazdaságok számára, mivel csökkenti az energiaárak ingadozásából fakadó kockázatokat.

A gazdasági hatások másik jelentős területe az új bevételi források megteremtése, különösen a biogázüzemek melléktermékeiből előállított brikettek kiskereskedelmi értékesítése révén. Ezek a brikettek, amelyek tápanyag-visszapótló anyagként és fűtőanyagként egyaránt hasznosíthatók, jelentős piaci potenciállal bírnak. A mezőgazdasági vállalkozások számára ez lehetőséget ad arra, hogy ne csupán energia- és hulladékkezelési költségeiket csökkentsék, hanem plusz bevételhez is jussanak. A kiskereskedelmi forgalomban értékesített brikettek különösen népszerűek lehetnek a környezettudatos vásárlók körében, akik előnyben részesítik a természetes és fenntartható termékeket. Ez a bevételi forrás új lehetőségeket nyit meg a gazdaságok számára a diverzifikáció és a piaci pozíció erősítése terén.

A trágyakezelési és műtrágyázási költségek csökkentése szintén jelentős gazdasági hatással bír. A biogázüzemek működése során keletkező szeparátum, amely szerves tápanyagokban gazdag melléktermék, kiváló alternatívát nyújt a hagyományos műtrágyák helyett. A műtrágyaárak folyamatos növekedése egyre nagyobb terhet ró a gazdákra, így a szeparátum alkalmazása nemcsak környezetbarát megoldás, hanem jelentős költségcsökkentést is eredményez. Emellett a trágyakezelési technológiák integrálása a gazdaságok mindennapi működésébe lehetővé teszi a hulladékok hatékonyabb kezelését, csökkentve a szállítási és tárolási költségeket (Holm-Nielsen et al., 2009).

Összességében a körforgásos gazdálkodás és a biogázüzemek gazdasági előnyei három fő területen jelentkeznek: az energiaköltségek csökkentése, az új bevételi források megteremtése és a költséghatékonyság növelése. Ezek az előnyök nemcsak a gazdaságok pénzügyi stabilitását erősítik, hanem lehetőséget adnak arra is, hogy a mezőgazdasági vállalkozások hosszú távon fenntarthatóbbá és versenyképesebbé váljanak. Ezáltal a körforgásos gazdálkodási modellek nemcsak a környezetvédelmi, hanem a gazdasági kihívásokra is hatékony válaszokat nyújtanak.

### 5.6.3. Gazdasági eredmények

A speciális brikettégető kazánokban elégetett brikettel közel 56.000.000.-forint gázköltséget lehet az érintett cég esetében megspórolni éves szinten.

Jelenleg a brikett egy részét 3 darab CARBON kazánban égetik el, így a sertéstelep gázfogyasztását 90 %-ban ki tudják váltani, ez eredményezi a fenti költségmegtakarítást.

A fenti számok mind-mind a vállalat eredményességét növelő tényezők, hiszen nem kellett komolyabb összegeket kiadni például áramra, gázra, műtrágyára stb. Nehéz meghatározni ebben a speciális esetben a bevételt, mivel saját felhasználásról beszélünk, de például a gázmotorkok termeléséből származó átadott elektromos áram konkrétan számlázható bevétel, de az alkalmazásra használt szárított brikett alapanyag értékét csak durva számítással évi 30 millió forintban lehet maximalizálni. A metán kibocsátás csökkentés trágyakezelés EU normatívák szerinti megvalósítása egy fontos mérőszám volt, amit forintálisan nem lehet meghatározni, de az üzem esetleges bezárásához is vezethetett volna.

## 6. Termék szakmai elismerései

- 2019 „Környezetkímélő energiatermelés a mai magyar mezőgazdaságban” termékünk az AGROMashEXPO, AgrárShow kiállításon Hazai Termékfejlesztési Nagydíj kategóriában.
- 2023 Érték és Minőség Pályázat Innovációs Nagydíj / Budapest, Parlament (DIAMOND Szervezőiroda, 2023).
- 2023 Érték és Minőség Nagydíj / Budapest, Parlament (Pintér, 2023).
- 2024 AGROMashEXPO, AgrárShow kiállításon Prémium Elismerő Oklevél.

## 7. Összegzés

A szarvasmarhatrágya mikroelemekkel egy kiemelkedő magyar innováció, amely egyedülálló megoldást kínál a mezőgazdasági energia- és tápanyagproblémákra. A termék előállítás folyamata a körforgásos gazdaság elvein alapszik, miközben csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását és elősegíti a talaj regenerációját.

A hulladékó és szeparátum hasznosítása, a fenntartható energiafelhasználás, valamint a tápanyagok természetes visszaforgatása mind hozzájárulnak a mezőgazdasági telepek gazdasági és környezeti fenntarthatóságához. A termék nemcsak a hazai, hanem a nemzetközi piacokon is jelentős előnyöket kínálhat, támogatva a zöld átállást és az agrárium innovációs fejlődését.

Az innovációval csökken az állattartás és növénytermesztés önköltsége.

Éves szinten a vállalkozás 56.000.000.- forintot tud megtakarítani azáltal, hogy a sertéstelepen gázfűtés helyett szarvasmarhatrágya briklett speciális kazánokban történő elégetésével biztosítja a kívánt hőmérsékletet. A szarvasmarhatrágya briklettben az energiát el lehet raktározni, a fennmaradó mennyiség több évig is elraktározható, a briklett megtartja eredeti formáját és tárolja az energiát.

Az üvegházhatást okozó gázok csökkentése kulcskérdés a Föld felmelegedése és az esetleges klímakatasztrófa megakadályozása szempontjából, ezért is lettem a téma elkötelezett kutatója.

## Köszönetnyilvánítás

Megvalósult innováció helye: Hajdúböszörményi Béke Mezőgazdasági Kft. (4220 Hajdúböszörmény, Külső Dorogi úti telep).

Köszönetet szeretnék mondani Bodnár Lajos Elnök Úrnak, aki a Hajdúböszörményi Béke Mezőgazdasági Kft. többségi tulajdonosaként pozitív hozzáállása mellett minden szükséges erőforrással támogatta az innováció megvalósítását a cégénél, ezzel elősegítve a termék kifejlesztését és sikeressé tételét. A tulajdonos elkötelezettsége mellett a termék sikerességében nagy szerepe van a menedzsment és a mögöttük álló csapat hozzáállásának is, akik az operatív

feladatokat végrehajtásában működtek közre. Termelő üzem lévén elsődleges cél az eredményes gazdálkodás, de a cég kultúrájának fontos eleme a fenntartható gazdálkodás is. Nagy hangsúlyt fektetnek a visszakövetésre is, a több éves üzemelés bizonyította az innováció létjogosultságát és eredményességét.

*Kulcsfontosságú tanulságok:*

- Energiahatékonyság: A hulladékok értékes erőforrássá alakítása.
- Tápanyag-utánpótlás: Vegyi anyagok helyettesítése természetes megoldásokkal.
- Gazdasági eredmények: Energiafüggetlenség és új bevételi források.
- Fenntarthatóság: Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és a körforgásos gazdaság előmozdítása.

A szarvasmarhatrágya briklett projekt további fejlesztése és terjesztése alapvetően járulhat hozzá egy fenntarthatóbb mezőgazdasági modell megvalósításához Magyarországon és nemzetközi szinten egyaránt.

## Irodalomjegyzék

- Avar, L. (2019). A szerves trágya mint jövedelemforrás. *Magyar Mezőgazdaság*, 74(3), 12–14. [https://adt.arcanum.com/sk/view/MagyarMezogazdasag\\_2019-1/?pg=125](https://adt.arcanum.com/sk/view/MagyarMezogazdasag_2019-1/?pg=125)
- DIAMOND Szervezőiroda. (2023. szeptember 27.) *A MARHA-VARÁZS titka*. Érték és Minőség Nagydíj (ÉMIN) Pályázat honlapja. <https://www.emin.hu/hirek/285-a-marha-varazs-titka>
- Ellen MacArthur Foundation. (2020, February 20). *Ellen MacArthur on the basics of the circular economy* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=NBEvJwTx4w>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. FAO, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *Emissions from Crops -Climate Change: Agrifood systems emissions*. FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GB>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresour Technol*, 100(22), 5478–5484. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change – Agriculture*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Murphy, J. D. (Ed.). (2018). *The role of Anaerobic Digestion and Biogas in the Circular Economy*. IEA Bioenergy Task 37 Report. IEA Bioenergy. [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/08/anaerobic-digestion\\_web\\_END.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/08/anaerobic-digestion_web_END.pdf)
- Összefogás Győrért. (2019. február 8.). *M1 Magyar Gazda műsora / Balla Jenő Pannon Agrotech Kft* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XQcixEZ6PKc>

- Pintér, B. (2023, szeptember 11.). *Marha varázs: innovációs nivódíjat vehetett át a győri képviselő*. Ugytudjuk.hu. [https://ugytudjuk.hu/cikk/2023-09-11\\_marha-varazs-innovacios-nivodijat-vehetett-at-a-gyori-kepviselo](https://ugytudjuk.hu/cikk/2023-09-11_marha-varazs-innovacios-nivodijat-vehetett-at-a-gyori-kepviselo)
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., & Motola, V. (2015). Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union – An overview from National Renewable Energy Action Plans and Progress Reports. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 969–985. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.062>
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Vértesy, L. (2023). *Szemléletváltás a növénytermesztésben: körforgásosság és fenntarthatóság*. Műhelytanulmány. MATE Press. <https://doi.org/10.54597/mate.0043>
- Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849–860. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>