

DEBRECENI EGYETEM

**KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI
ÉS
REGIONÁLIS TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

Dr. Nagy János
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:

Dr. Nagy János
egyetemi tanár, az MTA doktora

**MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK FELHASZNÁLÁSA A BIOGÁZ
ÜZEMEKBEN A KÖRNYEZETTERHELÉS CSÖKKENTÉSE ÉRDEKÉBEN**

Készítette:

Kith Károly
doktorjelölt

Debrecen

2017

MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK FELHASZNÁLÁSA A BIOGÁZ ÜZEMEKBEN A KÖRNYEZETTERHELÉS CSÖKKENTÉSE ÉRDEKÉBEN

Az értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
Regionális Tudományok tudományágban készült

Írta: Kith Károly okleveles környezetkutató

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolában**

Témavezető: Dr. Nagy János DSc, egyetemi tanár

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:	Dr. Sinóros-Szabó Botond	DSc
tagok:	Dr. Dinya László	DSc
	Dr. Rátonyi Tamás	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2016. április 20.

Az értekezés bírálói:

név	tud. fokozat	aláírás
.....
.....

A bírálóbizottság:

	név	tud. fokozat	aláírás
elnök:
tagok:
titkár:

Az értekezés védésének időpontja: 2017.

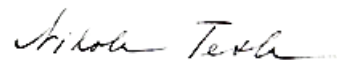
TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	3
1. BEVEZETÉS	5
1.1. Üvegházhatás – globális felmelegedés – klímaváltozás	5
1.2. Ökológiai lábnyom	10
1.3. A fenntartható fejlődés és a környezettudatosság	14
1.4. Nem megújuló és megújuló energiaforrások	19
1.4.1. Nem megújuló energiaforrások	20
1.4.2. Megújuló energiaforrások	21
1.5. Célkitűzések	30
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	32
2.1. Az energia átalakítása	32
2.2. A biogáz-termelés aktualitása, jelentősége	34
2.3. A biogáz-előállítás biológiai folyamatainak bemutatása	37
2.4. A biogáz-termelés technológia bemutatása	42
2.5. A biogáz-előállítás felhasználható alapanyagai	44
2.5.1. Környezeti – társadalmi – gazdasági hatások rendszere	49
2.6. A biogáz felhasználásának alternatív módjai	55
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	57
3.1. A biogáz-üzemek regionális helyzete az energiatermelésben	57
3.2. A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem termelési rendszerének bemutatása	57
3.2.1. A biogáz-termelés folyamata	64
3.2.2. Állati eredetű alapanyagok előkészítése	66
3.2.3. Anaerob fermentáció	68
3.2.4. Gázszakasz és kéntelenítés	71
3.2.5. A biotrágya útja	72
3.2.6. A biogáz hasznosítása	74
3.3. Vizsgálati és statisztikai módszerek	77

4. EREDMÉNYEK	79
4.1. A biogáz-üzemekben begyűjtött adatok eredményei	79
4.1.1. SWOT analízis	92
4.2. A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben mért adatok értékelése	95
5. KÖVETKEZTETÉSEK	101
6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	103
7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	104
8. ÖSSZEFOGLALÁS	105
9. SUMMARY	107
10. IRODALMI HIVATKOZÁSOK	109
11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	122
12. MELLÉKLETEK	125
13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	130

„Nincs még egy olyan lenyűgöző és kutatásra érdemes terület, mint a természet tanulmányozása.

Az emberi értelem legfőbb célja megérteni ezt a nagyszerű alkotást, felfedezni a benne ható erőket, és az ezeket irányító törvényeket.” (Nikola Tesla)



1. BEVEZETÉS

1.1. Üvegházhatás – globális felmelegedés – klímaváltozás

Ma már senki sem tagadja, hogy az üvegházhatás következtében létrejövő globális felmelegedés okozta klímaváltozás az emberiség egyik legnagyobb problémája. A baj csak az, hogy erről a problémáról csak kevesen vesznek tudomást.

Az üvegházhatás során a Föld légköre a napfény rövid hullámhosszú, nagy energiájú sugárzását átterjeszti, ami a földfelszínt felmelegíti. Az innen kilépő hosszú hullámhossz-tartományú, alacsony energiájú hősugárzást az atmoszférában található ún. üvegházhatású gázok abszorbeálják (1. ábra).

A légkör emelkedő szén-dioxid koncentrációja hozzájárul a globális felmelegedéshez (Kruijt, 2008; Nagy et al., 2015).

A Földi légkör hőmérsékletét nagyban befolyásolják természetes és antropogén tényezők, amelyek az atmoszférán áthaladó napsugárzás mennyiségét és minőségét meghatározzák. Sok esetben az emberi tevékenység (pl. erdőirtás, légkörbe jutó szennyező anyagok stb.) okozta lokális klímaváltozás globális klímaváltozást eredményez. Így véleményem szerint kijelenthető, hogy a változás okozója részben maga az ember, aki energiaéhségének kielégítésére egyre több fosszilis, nem megújuló energiahordozót (szén, földgáz, kőolaj) éget el, ezáltal túl nagy mennyiségben juttat üvegházhatású gázokat (szén-dioxid, metán, nitrogén-dioxid) a légkörbe, amely a Föld hőmérsékletének folyamatos emelkedését okozza. A globális hőmérséklet egyre növekszik a légköri CO₂-koncentráció fokozatos növekedésével, mely változás kb. az 1950-es években kezdődött.

éghajlatváltozás elpusztítsa mindazt, amit ma magunk körül ismerünk, hiszen a globális felmelegedés egyre könnyebben igazolható folyamatként látszik kirajzolódni.

A szélsőséges időjárási helyzetek a felmelegedés miatt vannak, hiszen a felmelegedés minden időjárási jelenséget érint. Maga a környezet változott meg, amelyben az időjárási jelenségek lezajlanak.

Az olyan extrém események, mint pár kiugróan forró nap, néhány durva eső, vagy épp pár hónap szárazság, maga a klímaváltozás, napjainkra pedig a klímaváltozás „versenyébe” a vízpára okozta magasabb légköri páratartalom előidézte hatalmas viharok, valamint a tundrák permafrosztjának égése során kiszabaduló metán is beszállt az eddig ismert szén-dioxid mellé (Kolbert, 2016).

Hetesi (2016) osztja Kolbert (2016) véleményét, mely szerint a szén-dioxid koncentráció mellett ma már feltétlenül meg kell említeni a metán gáz hatását is a légkörben. Az Európai Unió nagyon sokat tesz a metán-kibocsátás mérsékléséért, vállalásai a Földön a legmagasabbak közé tartoznak. Hazánk abban a részben kényelmes, részben teljesen félreértett helyzetben van, hogy a rendszerváltás után megszűnt nehézipar, illetve az erőművek részleges korszerűsítése jelentős csökkenést eredményezett a kibocsátásban. A mezőgazdasági kibocsátás esetén a talajtakaró, a szántás nélküli gazdálkodás terjedése (amely az USA-ban jelentős teret hódított az elmúlt évtizedekben, és napjainkban vannak erre irányuló próbálkozások hazánkban is), illetve számottevő innováció bevezetése szintén lényegesen hozzá tud járulni a kibocsátás redukálásához. Ez utóbbi említett lépés olyan innovációt jelent, amely képes a kérődzők metán-kibocsátását a töredékére csökkenteni egyéb kedvezőtlen hatások nélkül (Hetesi, 2016).

A talaj–növény–légkör rendszer érzékeny szénmegkötő és –tároló, az éghajlat megváltozására (csapadék, hőmérséklet, besugárzás stb.) a rendszer szénforgalma viszonylag gyorsan és jelentősen megváltozhat, ami az üvegházhatáson keresztül visszahat magára az éghajlatra. Amíg az elmúlt tízezer évben a bioszféra által leadott és felvett szén mennyisége kiegyenlített volt, addig az utóbbi két-három évtizedben a bioszféra nettó szénfelvevővé vált (Ciais et al., 1995; Vetter et al., 2005).

Napjainkra bebizonyosított, hogy az emberi tevékenység megváltoztatta a légkör összetételét és – részben ennek eredményeképpen – a Föld éghajlata is megváltozott (*IPCC, 2007*), amivel egyetértek, ám véleményem szerint részben a Föld saját élelciklusa játszik közre a bolygónk klímaváltozásában.

Az energiatermelésnek, az iparnak, a mezőgazdaságnak és a közlekedésnek a légkör összetételére gyakorolt hatásai a jelenben már egyértelműen kimutathatók. Ilyen például az üvegházhatású gázok arányának növekedése, valamint ilyen a légkörben jelenlévő változatos méretű és kémiai összetételű szilárd részecskék, az aeroszol-részecskék, illetve a szálló por mennyiségének növekedése is (*IPCC, 2007*).

Hagymássy et al. (2015) szerint a klímaváltozás hatással van mezőgazdasági termelésre. A légkör összetevőinek bármilyen irányú mennyiségi változása felboríthatja Földünk légköri rendszerének energia-eloszlását és globális szintű hőmérsékletváltozást idézhet elő (*Friedlingstein et al., 2006*).

A mezőgazdasági művelés típusa, intenzitása és gyakorisága jelentős mértékben befolyásolja az üvegházhatású gázok forgalmát, azaz fontos szerepet játszik a gyepek, illetve a mezőgazdasági területek szén- és vízháztartásának alakulásában. Törő és munkatársai véleménye szerint a talaj szén-dioxid kibocsátását sok tényező befolyásolja, mint a talajművelés, a talajnedvesség, a hőmérséklet és a gyökérlégzés (*Törő et al., 2017*).

A helyes művelési mód alkalmazása nagyon fontos, ugyanis eredményeként csökkenthető a – szén-dioxidra vonatkozó – forrásaktivitási erősség (*Varga-Haszonits, 2003*).

A megművelt területek, az agroökológiai rendszerek szénháztartását – a környezeti feltételek mellett – a mezőgazdasági művelés módja és intenzitása határozza meg (*Ciais et al., 2010*).

Az agroökológiai rendszerek a művelés (kaszálás, legeltetés, aratás, trágyázás) hatására nettó szén-dioxid-kibocsátóvá válhatnak (*Schulze et al., 2009*), mivel a mezőgazdasági művelés befolyásolja a növényállomány szerkezetét, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait, illetve a tápanyagok eloszlását és körforgalmát a talaj–növény rendszeren belül (*Schuman et al., 1999*).

Janssens et al. (2005) szerint a gyepek európai szén ciklusban betöltött szerepének becslését nagyobb bizonytalanság terheli, mint az erdőkét és a mezőgazdasági területekét. Becslésük szerint a földrajzi értelemben vett Európára vonatkozóan a füves ökológiai rendszerek átlagosan nettó szén-dioxid-nyelők.

A hosszú távú szén-dioxid mérések eredményei arra utalnak, hogy a füves ökológiai rendszerek szénháztartásában nagy éves változékonyság figyelhető meg, amely leginkább a környezeti feltételek változékonyságával magyarázható (*Xu és Baldocchi, 2004; Nagy et al., 2007*).

Akár csak a fent említett kutatók véleményét összegezve – és azzal egyetértésben – kijelenthető, hogy a mezőgazdasági művelés hatással van a lokális és globális klímára és annak változására, valamint ugyanez fordítva is igaz, a klíma – és annak változása – szintén hatással van a mezőgazdaságra.

Az *MTI* (2011) közreadott előrejelzése egy üvegházhatás-prognózis, mely alapján a klímaváltozás lehetséges következményei 2050-től (2. ábra):

- a vízkészletek csökkenése,
- a fertőzőes megbetegedések növekedése,
- gyakoribb szélsőséges időjárás,
- a mezőgazdasági erőforrások csökkenése,
- a biológiai sokszínűség visszaesése,
- a gleccserek olvadása.

Most azonban még nem késő, változtathatunk a jövőnkön, hiszen természeti értékeink megőrzése nem tűr halasztást.



2. ábra: Üvegházhatás-prognózis

Forrás: MTI (2011)

1.2. Ökológiai lábnyom

A Földön minden élőlény hagy valami nyomot maga után. Ezek a nyomok persze szinte soha nem láthatók, sokszor csak a következményeit tapasztalhatjuk. Mi a szüleink, nagyszüleink nyomaiban lépkedünk, de közben mi is hagyunk nyomokat magunk után. Ezek a nyomok úgy viselkednek, mint a friss hóban hagyott nyomaink, ha elkezd melegedni az idő, egyre nagyobbak és nagyobbak lesznek, a végén pedig már azt gondolhatjuk, hogy óriás járt a kertünkben. Azokat a „lábnyomokat”, amiket a földi környezetünkön hagyunk, nevezzük ökológiai lábnyomnak (Gilly, 2001).

Az ökológiai lábnyom értelmezésével és számításával kapcsolatos első tudományos írások az 1990-es évek elején jelentek meg William Rees kanadai ökológus és munkatársai kutatásainak köszönhetően. Az ökológiai lábnyom mára az egyik leggyakoribb mutatószámmá nőtte ki magát, amely újabb vizsgálati módszereket alapozott meg, mint például a karbon lábnyom, illetve a vízlábnyom (*Megújuló energiapark*, 2008).

Az ökológiai lábnyom az emberi fogyasztás sokféle kategóriájából tevődik össze, egyszerűen megfogalmazva pedig annak a területnek felel meg, amin egy ember fogyasztási javai előállíthatók és a megtermelt hulladékai eltüntethetők. Ökológiai lábnyomunkat a mi környezetkímélő vagy –pusztító életmódunk határozza meg, ami akkor válik igazán érdekessé, ha ezt összehasonlítjuk a rendelkezésre álló földterülettel, azaz a biológiai kapacitással. (Az ökológiai lábnyom és az eltartó képesség különbsége az ökológiai hiány.) Mértékegysége a hektár (ha), vagy a globális hektár (gha) (*Vida*, 2001).

Az ökológiai lábnyom segítségével számokban is jól ki lehet fejezni azt, hogy életmódunk milyen hatással van a természetre (*Gilly*, 2001). E szerint az ökológiai lábnyom hat elemből áll össze:

- az a terület, ahol a táplálkozáshoz szükséges gabona megtermelhető;
- az a legelőnagyság, amely a hústermeléshez nélkülözhetetlen;
- a fa- és papírfogyasztásunkat fedező erdőterület;
- a hal, rák és más vízi állatok fogyasztásával arányos tenger;
- a lakáshoz szükséges földterület;
- az erdőterület, amely az energiafogyasztás során keletkező szén-dioxidot megköti.

Leggyakrabban a táplálék, a lakásviszonyok, a közlekedés, a fogyasztási cikkek és szolgáltatások igénybevételét veszik figyelembe az ökológiai lábnyom kiszámításánál (*3. ábra*).

Az *1. táblázat* szemlélteti az ökológiai lábnyom 10–15 évvel ezelőtti számadatait földrészenként, amiből kitűnik, hogy egyedül Afrika nem használja fel a rendelkezésére álló potenciált, a többi földrész máris túlhasználja azt (*Gilly*, 2001).



3. ábra: Az ökológiai lábnyom hatféle kategóriája (földhasználati típusa)

Forrás: *Megújuló energiapark* (2008)

1. táblázat: Ökológiai lábnyom térségenként (ha)

Térség	Ökológiai lábnyom	Biológiai kapacitás	Ökológiai hiány
Afrika	1,33	1,73	-0,40
Ázsia/Csendes-óceán	1,78	1,11	0,67
Észak-Amerika	11,7	6,20	5,50
Kelet-Európa	4,90	3,10	1,70
Nyugat-Európa	6,30	2,90	3,40
Világ	2,85	2,18	0,67

Forrás: *Gilly* (2001)

A Föld országai egymáshoz képest is nagyon különböző ökológiai lábnyommal rendelkeznek. Általában minél gazdagabb, urbánusabb és iparilag fejlettebb egy ország vagy régió, annál nagyobb az ökológiai lábnyomának értéke. A legnagyobb ökológiai lábnyommal (ha/fő) rendelkező országok azonban nem feltétlen tartoznak a legnépesebbek közé, és a viszonylag népes ázsiai országok, valamint egyes dél-amerikai országok ökológiai lábnyoma meglehetősen alacsony (*Megújuló energiapark*, 2008).

2004-es adatok szerint az öt-öt legnagyobb és legkisebb ökológiai lábnyomú ország (*youthXchange*, 2005):

- Amerikai Egyesült Államok: 9,57 ha,
- Egyesült Arab Emirátusok: 8,97 ha,
- Kanada: 8,56 ha,
- Norvégia: 8,17 ha,
- Új-Zéland: 8,13 ha,
- Kongó: 0,62 ha,
- Haiti: 0,62 ha,
- Nepál: 0,57 ha,
- Mozambik: 0,56 ha,
- Banglades: 0,50 ha.

2007-es adatok szerint az öt-öt legnagyobb és legkisebb ökológiai lábnyomú ország (*Megújuló energiapark*, 2008):

- Egyesült Arab Emirátusok: 11,9 ha/fő,
- Amerikai Egyesült Államok: 9,6 ha/fő,
- Finnország: 7,6 ha/fő,
- Kanada: 7,6 ha/fő,
- Kuvait: 7,3 ha/fő,
- Bolívia: 1,5 ha/fő,
- Kolumbia: 1,5 ha/fő,
- Peru: 1,2 ha/fő,
- Irak: 1 ha/fő,
- Afganisztán: 0,2 ha/fő.

A túlfogyasztás és a pazarló életmód az ivóvizet és a levegő állapotát sem kíméli. Ezen tényezők mérésére és meghatározására az ökológiai lábnyom mellett két másik hasonló mutatószám, a vízlábnyom és a karbon lábnyom került bevezetésre. A vízlábnyom segítségével az emberiség a közvetlen és közvetett vízfogyasztást mérhetjük meg, a karbon lábnyom pedig megmutatja, hogy az emberi tevékenységek során mennyi üvegházhatású gáz kerül szén-dioxid egyenértékben meghatározva (t CO₂ e) a légkörbe (*Megújuló energiapark*, 2008).

Magyarország ökológiai lábnyoma 2008-ban 3,59 ha volt. Ennek döntő részét adja 1,63 hektárral a karbon lábnyom és 1,29 hektárral az élelmiszerlábnyom. A fogyasztás ökológiai lábnyoma kb. 0,9 hektárral haladja meg az ország biokapacitását, így több mint másfél Földre lenne szükség ahhoz, ha mindenki ugyanúgy akarna élni, ahogy mi Magyarországon (*Megújuló energiapark*, 2008).

Az átlagos vízfogyasztás 1,24 millió liter/fő évente. Magyarország ebből a szempontból viszonylag jó, a 126. helyen áll a 150 országot tartalmazó listán (750 ezer liter/fő). A gazdag, magas vízfogyasztással rendelkező országok esetében a vízfelhasználás is jelentős, így például az USA-ban 2,48 millió liter/fő (*Megújuló energiapark*, 2008).

Az interneten számos oldal található, ahol kiszámítható az ökológiai lábnyom, de mire is használhatjuk mindezt.

Egyértelmű, hogy a Föld egyre gyarapodó népessége és az emberek egyre növekvő igényei miatt az ökológiai lábnyom értéke folyamatosan emelkedik. Az 1960-as évek elején a világ ökológiai lábnyoma még 0,62 volt, 1980-ban már 1,00 míg 2006-ban elérte a 2,6 globális hektár/fő értéket. Ez azt jelenti, hogy az emberiség jelen életmódjának fenntartásához 1,44 Földbolygónyi területre van szükség. Ez az adat tisztán mutatja, hogy a világ jelenleg egy nem fenntartható fejlődési pályára állt, és amennyiben ez a közeljövőben nem változik meg, az globális katasztrófához vezet. (*Megújuló energiapark*, 2008).

Az ökológiai lábnyom így számomra elsődlegesen azt mutatja meg, hogy erőforrásaink nem kimeríthetetlenek!

1.3. A fenntartható fejlődés és a környezettudatosság

A fenntartható fejlődés lényegét tekintve megegyezik a Környezet és Fejlődés Világbizottság 1987-es jelentésében leírt harmonikus fejlődéssel, napjainkra csak az elnevezés változott meg. Számos megfogalmazása ismeretes, melyek közül az első a köztudatban legelfogadottabb.

1. Olyan fejlődés, amely úgy elégíti ki a mai generációk igényeit, hogy közben nem befolyásolja károsan a következő generációk ugyanazon igényei kielégítését.
2. Olyan tevékenység, amely a mai generációk életminőségének (életszínvonalának) emelését teszi lehetővé anélkül, hogy elvonná a jövő generációitól a lehetőséget legalább ugyanilyen életszínvonal elérésére.
3. A földi környezetünk megszabta a határok között élni.
4. Törődni azzal (a világgal), amit mi soha nem fogunk meglátni.
5. Törődni azzal, mi fog utánunk történni.
6. Nem becsapni gyermekeinket és unokáinkat.

A 4. ábrán láthatjuk a fenntartható fejlődés rendszerét, amiben több alrendszer található. Ezek az alrendszerek és rendszerek egymással összefüggő kapcsolatban nyugszanak.



4. ábra: A fenntartható fejlődés vázlata

Forrás: Wikipédia (2017)

Ökológusként számomra a legmeghatározóbb a környezetvédelem, azon belül az ökológiai fenntarthatóság, mivel ez meghatározza a társadalom minőségét, ami pedig hat a gazdaság alrendszerre. A fenntarthatóság kérdéskörét komplexen kell vizsgálni, mivel a három alrendszer együttes vizsgálata elengedhetetlen a teljes rendszer értelmezéséhez.

Ha meg akarjuk valósítani a fenti gondolatokat, szükségünk van indikátorokra (jelzőkre), amelyek megmutatják, jó úton járunk-e. Az indikátorok önmagukban nem mondják meg, mit kell tennünk, csak az utat mutatják a fenntarthatóság irányába. Segítenek megláttatni, hogy mi történik ezzel kapcsolatban a saját közösségünkben. Általában elfogadott dolog indikátorokat használni annak jelzésére, hogyan haladunk előre a céljaink elérése érdekében. Az indikátoroknak ugyanakkor nevelési szerepük is van. Az igazi értékük mégis abban rejlik, hogy nem csak kijelölik az utat, hanem a megvalósítás során segítenek a prioritások meghatározásában is.

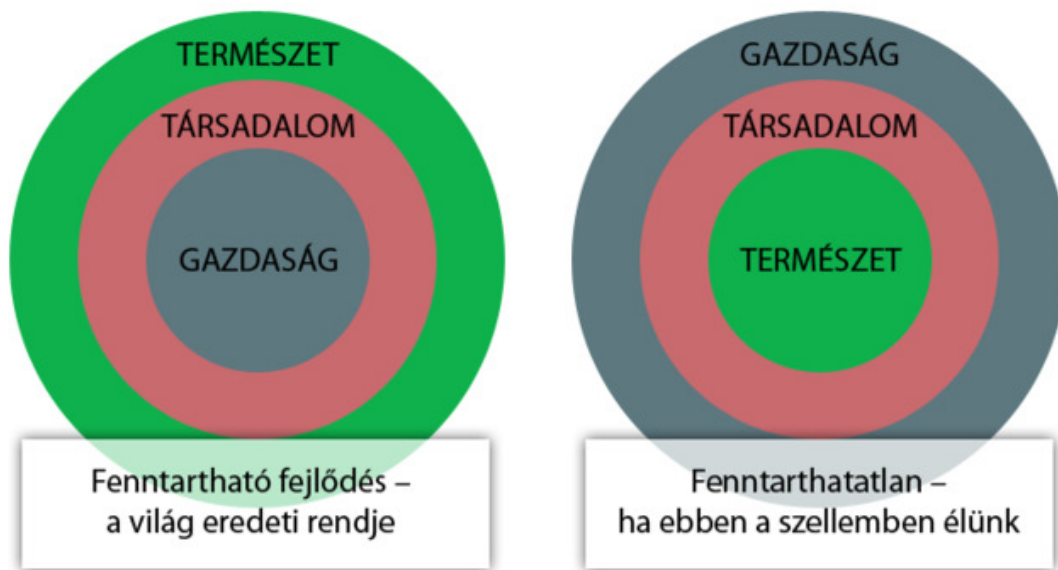
Képzeljünk el egy olyan jövőt, amelyben mindenki harmóniában él közvetlen környezetével, nem okoz kárt sem lokálisan, sem globálisan. Mindennapi élete során igényeit úgy elégíti ki, hogy azzal nem csökkenti az eljövendő generációk ugyanazon igénye kielégítésének esélyét. Ennek megvalósítását segítik az alábbi indikátorok:

- a különböző forrásokat hatékonyan használjuk, és a hulladékok mennyiségét a lehető legkisebbre csökkentjük újrahasználat és újrahasznosítás által;
- a környezetszennyezést olyan mértékre csökkentjük, hogy az már nem káros az élő szervezetekre;
- a természetet védjük és sokféleségét nagyra értékeljük;
- amennyire csak lehetséges, a helyi igényeket helyi forrásokból elégítjük ki (Kiss, 2011).

A *Magyar UNESCO Bizottság* (2009) szerint a fenntartható társadalom legfontosabb ismérvei, együttesen szükséges alapvető követelményei: szociális igazságosság, amelynek az alapja a lehetőségekhez való hozzáférés esélyegyenlőségének biztosítása, és a társadalmi terhekből való közös részesedés; az életminőség folytonos javítására való törekvés; a természeti erőforrások fenntartó használata, amelynek megvalósításához a társadalom környezettudatos és környezetetikus magatartása szükséges; a környezetminőség megőrzése.

A fejlett országokban, különösen Európában, jó a közbiztonság, kevés a természeti katasztrófa, és a második világháború óta soha nem látott anyagi gazdagodásnak lehetünk tanúi, ugyanakkor számos adaton keresztül bemutatható a természeti létfenntartó rendszerek visszafordíthatatlan pusztulása, a társadalmi struktúrák felbomlása, az egyenlőtlenség növekedése (Medvényé, 2013).

A jelen és az elvárható helyzetet szemlélteti a 5. ábra.



5. ábra: A fenntartható és a fenntarthatatlan világrend

Forrás: Tóth (2007)

Ma már sok ország célkitűzésében – a gazdasági fejlődés és a szociális jólét biztosítása mellett – jelentős szerepet kap a környezet állapotának megőrzése, javítása. E tevékenységek kapcsán nagyon fontossá vált a fenntarthatóság társadalmi feltételeinek kutatása. Az egyéni és a közös társadalmi környezettudatosságot feltáró kutatások elsősorban az USA, majd az EU országaiban terjedtek el (Kovács, 2007).

A környezettudatosság az egyes személyek vagy a társadalom valamely szegmensének a bioszféra állapotával és az emberi populáció környezetével kapcsolatos tájékozottságát, érzékenységét és tudatos felelősségvállalását kifejező fogalom.

Bár elviekben a legtöbb ember elkötelezi magát a környezetvédelem ügye mellett, az ismeret és a tettek alapján kevés ember tekinthető környezettudatosnak. A környezeti problémákkal való törődés már hosszú múltra tekint vissza, azonban a környezettudatosság fogalma elválaszthatatlan az ipari fejlődés és az azzal járó megnövekedett szennyezés kialakulásától. A környezetvédő mozgalmak sokat tesznek az emberiség előtt álló környezeti problémák tudatosítása érdekében. A különböző környezeti katasztrófák, mint például a mexikói-öbölbeli olajszennyezés vagy fukusimai katasztrófa időlegesen növelheti a problémák iránti érdeklődést és számos információt juttathat el az emberekhez, ám ez nem pótolhatja a környezeti nevelést és nem feltétlenül készítet környezettudatos cselekvésre is. A környezettudatos szemlélet számos esetben tettekben is megmutatkozik, ezen esetekben az adott szereplő igyekszik egyéni döntései, tettei során a környezeti hatásokat is figyelembe venni. Ennek számos példája lehet az egyének életében egészen az energiatakarékos izzók használatától kezdve a kerékpáros közlekedésen át akár a szelektív hulladékgyűjtésig (6. ábra).



6. ábra: Környezettudatosság

Forrás: *Net2*

A közös ezekben az, hogy az ezen cselekvéseket végzők döntésének háttérében a környezeti szempontok is szerepet játszanak. A gazdasági–üzleti szféra szereplői is cselekedhetnek környezettudatos módon, amihez a környezetvédelmi szempontokat is figyelembe kell venniük a vállalatirányításban (*Vrannai, 2015*).

A fejlett országokban az emberek 85%-át érdeklik a környezetbarát megoldások és termékek, Európában csak 13–19%-uk választja a zöld termékeket. Környezettudatosságra való hajlandóságban nincs hiány, csak sajnos ez a vásárlási szokásokban nem mutatkozik meg (*Net2*).

Véleményem szerint a probléma forrása, hogy (i) az emberek nem rendelkeznek elegendő információval, így nem mernek a hagyományoshoz képest újszerű dolgok felé fordulni, bizalmatlanok; (ii) gyakorlatilag nem értik, miért jó nekik hosszú távon a zöld termékek használata; (iii) mivel a zöld megoldások általában valamivel drágábbak a hagyományoshoz képest – és nincsenek tisztában az előnyökkel sem –, nem látják az árkülönbség ellentételezését.

A természeti erőforrások, különösen a termőföld, az erdők és a vízkészlet, a biológiai sokféleség, különösen a honos növény- és állatfajok, valamint a kulturális értékek a nemzet közös örökségét képezik, amelynek védelme, fenntartása és a jövő nemzedékek számára való megőrzése az állam és mindenki kötelessége (*Magyarország Alaptörvénye, 2011*).

1.4. Nem megújuló és megújuló energiaforrások

A klímaváltozás elleni európai intézkedések és a növekvő energiaárak előtérbe helyezték a megújuló energia használatát és az energiahatékonyság növelését. A 29/2009 számú EK irányelvben 2020-ra az számos célt fogalmaztak meg ezen a téren. Ezen dokumentum alapján a megújulók részarányát 20%-ra kell emelni az energiafogyasztásban (*European Commission, 2009*).

EUROSTAT (2014) adatok szerint az Unió átlagában 2012-ben 14,1%, míg Magyarországon 9,6% volt a megújuló energia részaránya az energiafelhasználásban. Az Európai Unió átlagában a 20%-os megújuló részarány tagállamonként eltérő. Hazánkban 14,65%-os megújuló energia részarányt terveznek elérni 2020-ra. Számos szakértő és kutató véleménye szerint napjaink és az elkövetkező évtizedek legfontosabb globális problémája az energiaellátás biztonsága (*Dinya, 2012*).

1.4.1. Nem megújuló energiaforrások

A **nem megújuló energiaforrások** segítségével energiát lehet felszabadítani, viszont ez az erőforrás nem keletkezik újra. Nem lehet gyártani, termesztani és újrafelhasználni.

Nem megújuló energiaforrások a fosszilis tüzelőanyagok, mint:

- a kőszén (évente 5 milliárd tonnát bányásznak világszerte, a készletek kb. 170 évre lesznek elegendőek. Magyarországon 20 millió tonnát termelnek ki évente),
- a kőolaj (évente 2,5 milliárd tonnát égetnek el a világon, Magyarországon ez a szám kb. 1 millió tonna, 20-40 évre elegendőek a készletek a világon),
- a földgáz (hazánkban a földgázfogyasztás 15 millió köbméter évente),
- a propán-bután gáz,
- az urán, ami az atomenergia energiahordozó anyaga.

Ezek az energiahordozók korlátozottan találhatóak meg a természetben, a föld felszínén vagy a föld alatt. Korlátozott elérhetőségük miatt áruk jelentősen emelkedik. Környezetszennyező hatásuk van, hiszen a fosszilis tüzelőanyagok használatával jelentős mennyiségű szén-dioxid kerül a levegőbe, ami megváltoztatja a légkört és klímaváltozást okoz. Az atomerőművek hulladékai radioaktívak, amelyek az élőlényekre veszélyesek, tárolásuk költséges és rendkívül biztonságigényes (*Net3*).

„Növényi és állati maradványokból keletkező, levegőtől elzárt bomlás során létrejött energiahordozók a fosszilis (megkövült) energiahordozók, amik évmilliók alatt alakultak ki. Szilárd, folyékony vagy gáznemű halmazállapotúak, nagy az energiasűrűségük, főként szenet és hidrogént tartalmazó vegyületek. Ezek a nem megújuló energiaforrások körébe tartoznak. Aminek a felhalmozódásához évmilliók kellettek, azt az emberiségnek

néhány száz évébe telt felemészteni. Alapvető fosszilis energiahordozók közé tartozik a szén, a kőolaj, az olajtermékek és a földgáz.” (Net4).

1.4.2. Megújuló energiaforrások

A **megújuló energiaforrások** olyan természeti jelenségek, amelyekből energia nyerhető, és melyek folyamatosan újratermelődnek. Ezek olyan természeti erőforrások, melyekkel kielégíthető az emberiség gazdasági szükséglete. A megújulók nem okoznak káros hatásokat a környezetre nézve – mint a levegőszennyezés, vízszennyeződés, vagy az üvegházhatás – ellenben a fosszilis tüzelő anyagokkal, melyek e mellett végesnek is tekinthetőek.

Megújuló energia a geotermikus energia, ami a Föld mélyén zajló radioaktív folyamatokból, míg a napenergia, vízenergia, szélenergia, és a biomassa közvetlenül vagy közvetett módon a Nap energiájából származik (*Net5*).

Végh (2017) szerint ma az erőforrás-szükséglet 86%-át az ősmaradványi energiahordozók (szén, kőolaj, földgáz) elégetésével termeljük meg, ám az elégetett szén, kőolaj és földgáz örökre elvész, nem termelődik újra, így nem is pótolható. Az atomerőműveink a világtermelés 6,7%-át, a vízerőművek 6,8%-át, a többi erőforrás a 0,8%-át adják.

Egyetértek Végh (2017) álláspontjával, hiszen a mostani felhasználás mellett a megújuló energiaforrások – mint a nap, a szél és a bioenergia különböző fajtái – egyike sem képes átvenni a kőolaj szerepét napjaink társadalmában.

Véleményem szerint – mivel napjainkra a meglévő fosszilis energiaforrások kihasználtsága elérte a kritikus szintet – egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni a megújuló erőforrások felhasználására, valamint a bioenergia előállítására és ennek hatékony felhasználására.

Teljes mértékben osztom azt a véleményt is, miszerint a napenergia és megújuló testvérei műszaki alkalmazásának kiterjesztése nem csupán egy logikus folytatása történelmi szerepének, hanem az emberi társadalom fenntartható fejlődésének is az egyik kulcsa.

Geotermikus (geotermális) energia

Gööz (1999) szerint a geotermikus energia tágabb értelemben a Föld belsejében keletkező, a földi hőáramban meghatározott szintig feljutó, és ott a kőzetekben, illetve a pórúsvízben tárolódó termikus energiamentiség. Szűkebb értelemben a Ź->felszín alatti víz hőtartalmában rejlő energia, ugyanis a geotermikus energia jelenleg gazdaságosan csak Ź->hévíz közvetítésével hasznosítható, amit a víz nagy hőkapacitása tesz lehetővé. (A magyarországi hévíz-kutak évente közel $6,5 \times 10^{15}$ J hőmennyiséget hoznak a felszínre, ami az ország energiámérlegében kevesebb, mint 1%.)

Napenergia

A Naptól érkező energia a mozgatórugója szinte minden Földi fizikai és biológiai ciklusnak, beleértve az időjárási folyamatokat is. A legtöbb megújuló energiaforrás is átalakított napenergia. A Nap energiája ultraibolya, látható és infravörös fény formájában érkezik a földre. Az infravörös sugárzás hőtartalma magas. A Földre érkező sugárzás nagy része a természeti körforgásokra fordítódik, de egy részét felfoghatjuk és felhasználhatjuk világítási, villamos energia termelési vagy hőtermelési célra. Ezt a felfogott és hasznosított energiát nevezzük szűkebb értelemben vett napenergiának. A napsugárzás hőtartalmának több mint fele az infravörös sugaraknak, valamivel kevesebb, mint fele a látható sugaraknak köszönhető. A felfogható napenergia függ a Földi szélességi körtől, a magasságtól és a felhőzettől. Európát tekintve a felfogható napenergia éves mennyisége 1000 kWh/m^2 -től (Északnyugat-Európa) 2500 kWh/m^2 -ig terjed (Pireneusok és Dél-Európa). A napenergia nem egyszerűen egy alternatív energia. Ez az eredendő és folyamatosan az elsődleges energiaforrás. Minden életforma és civilizáció a napenergiának köszönheti létét (*Net6*).

Szélenergia

Tóth *et al.* (2011) alapján a szélenergia eredendő forrása a Nap. A napsugárzás a felszín különböző területeit eltérő mértékben melegíti fel. A hőmérsékletkülönbség nyomáskülönbséghez vezet, amit a levegő áramlása igyekszik kiegyenlíteni. Szélenergiát a levegő mozgási energiájából nyerhetünk.

A szélenergia egy megújuló energiafajta, amelynek termelése környezetvédelmi és költségelőnyei miatt rohamos ütemben nő a világban.

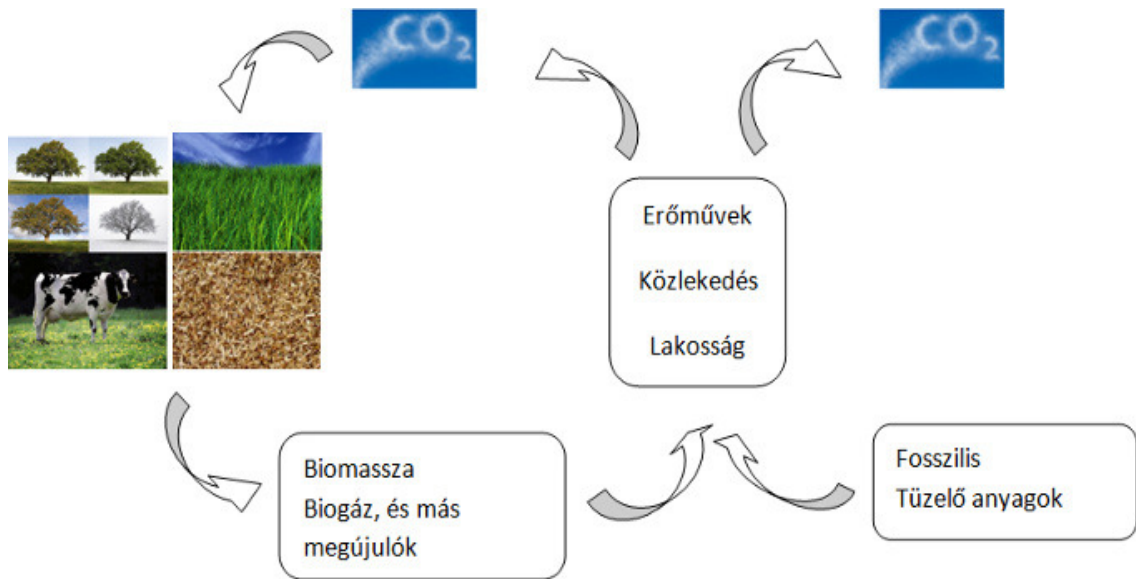
A szélenergia kitermelésének modern formája a szélturbina lapátjainak forgási energiáját alakítja át elektromos árammá. A szélturbinákat ma már ipari méretekben, nagy csoportokban is felhasználják szélfarmjaikon a nagy áramtermelők, de nem ritkák a kis egyedi turbinákat működtető telepek sem. Nagy előnye, hogy nem környezetszennyező és alkalmas hálózatba integrálható elektromos áram termelésére (Net7).

Vízenergia

A vízenergiát leírhatjuk úgy, mint a napenergiából származtatható energia egy fajtája. Maga a víz évezredek óta használt megújuló (~állandó) energiaforrás. A Földön található víz a Naptól származó hatalmas energia következményeként örökös körforgásban van. A Föld tengereinek a felszínét érő napsugárzás hatására a víz elpárolog és a magasba emelkedik. A magasban uralkodó alacsonyabb hőmérséklet hatására a vízpára ismét folyékony halmazállapotúvá válik (kondenzálódik), és a kicsapódott cseppek felhővé egyesülnek. A levegő mozgásának hatására a felhők nagy távolságokat tehetnek meg, míg a nehézségi erő hatására a víz eső formájában ismét a Földre hullik. A szárazföldre jutó eső patakok, folyók formájában a magasabb helyről az alacsonyabban fekvő tengerekbe áramlik, hogy a körforgás újra kezdődhessen. A földfelszínen áramló víz mozgási és helyzeti energiája az, amit vízenergiának tekintünk és hasznosítunk (Horváth, 2011).

Biomassza, biogáz

„Biomassza alatt a mezőgazdasági termékek, melléktermékek és hulladékok (növényi és állati eredetű hulladékokat egyaránt ideértve), az erdészeti és kapcsolódó iparágak hulladékait, valamint az ipari és kommunális hulladék biológiailag lebomló része értendő.” az EU szerint. A biomasszából termelhető üzemanyagok évente újraképződnek, továbbá a felhasználásuk során csak az a szén-dioxid kerül a légkörbe, ami a fotoszintézis során kötődött meg, vagyis illeszkednek a CO₂ természetes, zárt körforgásába (7. ábra) (Vojvodanska, 2010).



7. ábra: A CO₂ körforgása a természetben (nyílt és zárt ciklus)

Forrás: *Vojvodanska* (2010)

A biomassza valamely élettérben egy adott pillanatban jelen lévő szerves anyagok és élőlények összessége. Mennyiségét megadhatjuk az egyedek számában, tömegében, energiatartalmában stb.

Produkciónak nevezik a biomassza-előállítás sebességét. Szokás megkülönböztetni primer produkciót (az ökoszisztémában a producensek által előállított szerves anyag), valamint szekunder produkciót (a primer produkcióból a konzumensek és lebontók által létrehozott szervesanyag-mennyiség).

Az ökoszisztémában létrejövő szervesanyag-mennyiség tehát a zöld növények által a fotoszintézis során a Nap sugárzó energiájából átalakított és megkötött kémiai energia (egyszerűbben megfogalmazva: transzformált napenergia) (*Tamás és Blaskó, 2008*).

A hazai teljes körű biomassza-felmérésre Láng István vezetésével a Magyar Tudományos Akadémia koordinálásában került sor. A felmérés ökológiai, tájpotenciál és talajtani adatbázisra támaszkodva határozta meg a különböző agroökológiai feltételek mellett betakarítható biomassza-mennyiséget.

Az agroökológiai potenciál valamely területről gondos gazdálkodás feltételezésével várható hozam. Meghatározók: a talaj természetes termékenysége, a domborzati,

éghajlati és közgazdasági viszonyok, az ezeknek megfelelő termelési szerkezet és az alkalmazott termelési módszerek – általában a termelés színvonala (*Net8*).

Az energetikai célra hasznosításba vonható biomassza teljes mértékben megújuló energiaforrásnak tekinthető (*Baranyi, 2010*). *Nagy (2007)* szerint például a kukorica növény egyben kitűnő takarmány, másrészt viszont gazdaságosan előállítható energiaforrás és ipari alapanyag is.

A megújuló energiaforrások rangsorában az EU-n belül a biomassza található az első helyen. Ezen belül található a biogáz, aminek részaránya 3,6% (*European Comission, 2009*).

A biokémiai eljárások során a hulladék szerves alkotóinak feldolgozása élő mikroszervezetek segítségével történik. A hulladékhasznosítás a mikrobiológiai lebomlás termékeinek kinyerése, tisztítása, illetve értékesítése révén valósul meg. A mikrobiológiai folyamatok szabályozhatók. Ennek egyik alapvető módja a levegő- vagy oxigénadagolás, másrészt a nedvesség vagy a hőmérséklet stb.

A hulladék ártalmatlanításának biológiai módszerei négy fő csoportra oszthatók:

- komposztálás (aerob lebontás),
- biogáz-előállítás (anaerob lebontás),
- fémek biológiai kinyerése,
- enzimes fermentáció (pl. fehérje-előállítás).

A gyakorlatban az első két eljárásnak van nagyobb jelentősége – és ezáltal elterjedtebbek –, a további két eljárás fejlesztési stádiumban van.

A biogáz-képződés körülményeit az anaerob (oxigénmentes) lebomlás jellemzi, elsősorban közepes (30–37,5 °C) hőmérséklet-tartományban. Hasonló anaerob lebomlás termofil mikroorganizmusokkal is végbemegy, mégpedig gyorsabban, mint mezofil tenyésztéssel. Az anaerob bomlás azonban nem exoterm, hanem endoterm folyamat, ezért a lebontandó anyagtömeg melegítésére van szükség, amelynek gazdaságossági hatásai miatt a mezofil eljárás előnyösebb.

A hulladékok szerves anyaga főleg növényi anyag, kémiaiilag cellulóz, különböző hemicellulózok, cellulózszármazékok, összetett és egyszerű cukrok, amelyeket

összefoglalóan szénhidrátoknak nevezünk. A növényi eredetű anyagokban kisebb, az állati eredetű anyagokban nagyobb arányban vannak jelen a fehérjék és peptidek, továbbá a zsírok és olajok. Ezekhez képest jelentéktelen mennyiségben jelen vannak a hulladékokban bonyolultabb összetételű vegyületek is (pl. vitaminok, hormonok, enzimek) és megtalálhatóak természetesen a fő alkotórészek lebomlásából származó egyszerű szerves vegyületek. A biogáz-előállítás szempontjából a legfontosabb három fő vegyületcsoport: a szénhidrátok, fehérjék és zsírok. Az említett vegyületek teljes anaerob erjedési folyamatának biokémiája és mikrobiológiája még nem teljesen tisztázott (*Barótfi, 2003*).

Az intenzív állattartás következtében jelentős mennyiségben keletkező hígtrágya tárolásának és kijuttatásának szabályozása módosult a 91/676/EKG Tanács irányelve alapján. Sok állattartó telep biogáz üzem tervezését, építését határozta el, ami lényegesen nagy költségekkel jár, de a jövőt tekintve megtérülő beruházás. A (nagy létszámú) állattartó telepeken a hígtrágya tárolóknak 2014. december 31-ig, míg az istállótrágya tárolóknak 2015. december 31-ig meg kell felelni a Nitrát-rendelet követelményeinek (*FVM, 2008*).

Ezen előírások könnyebb betartására például megoldást jelenthet a biogáz előállítás. Üzemi szinten a megújuló energia használatát több tényező is befolyásolhatja. Két kiemelendő rész a költségmegtakarítás és a hatékonyságnövekedés. Az állattartó telepi trágyakezelés fejlesztése a megfelelő műtárgyak építésével azonban egy nehezen megtérülő beruházási forma, ami ezért is volt kiemelt támogatási terület.

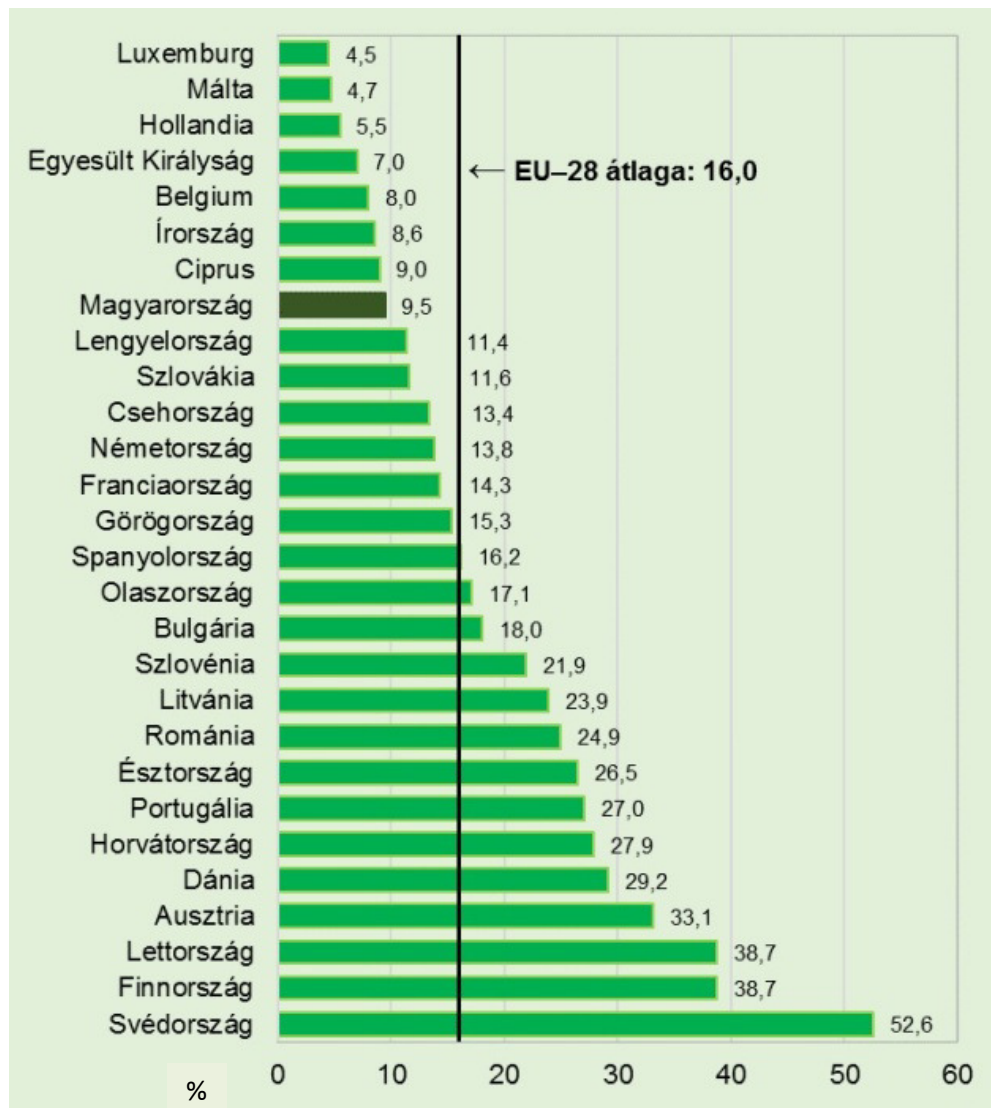
Sembery és Tóth (2004) szerint a környezetvédelmi előírások betartása többletköltségeket generál. A biohulladékok ártalmatlanítása, a bennük megtalálható energia hasznosítása a mezőgazdaság számára hasznot hozó beruházássá válhat. A biogáz-termelést és –hasznosítást egy komplex rendszerben kell értelmezni. A biológiai hulladékokat fermentáció segítségével elrothasztják, és az ebből képződő gázelegyet használják fel kapcsolt energiatermelésre.

Ökológiai szempontból is jelentős a rendszer, mivel a CO₂-mérlege igen kedvező hatással van a légkörre, közvetlenül nem vesz részt a szén körfolyamatában.

Bacanetti et al. (2013) megállapítása szerint, a fosszilis energiahordozók használatával szemben a biogáz villamos energiává való transzformálása során 0,188–1,193 kg/kWh CO₂-kibocsátás csökkenés érhető el.

Nagy (2008) szerint Magyarország éves energiaigénye átlagosan 1040 PJ, aminek 60–70%-a importból származik. Az energiaimport pedig folyamatos növekedést mutat.

Patrizio et al. (2015) szerint 2014-es adatok alapján elmondható, hogy amíg az Európai Unióban a megújuló energiaforrások az összes energiafelhasználásnak átlagosan 16%-át teszik ki, addig ez az érték Magyarországon átlag alatti, mindössze 9,5%, a rangsorban így Magyarország a 21. helyet foglalja el (8. ábra).

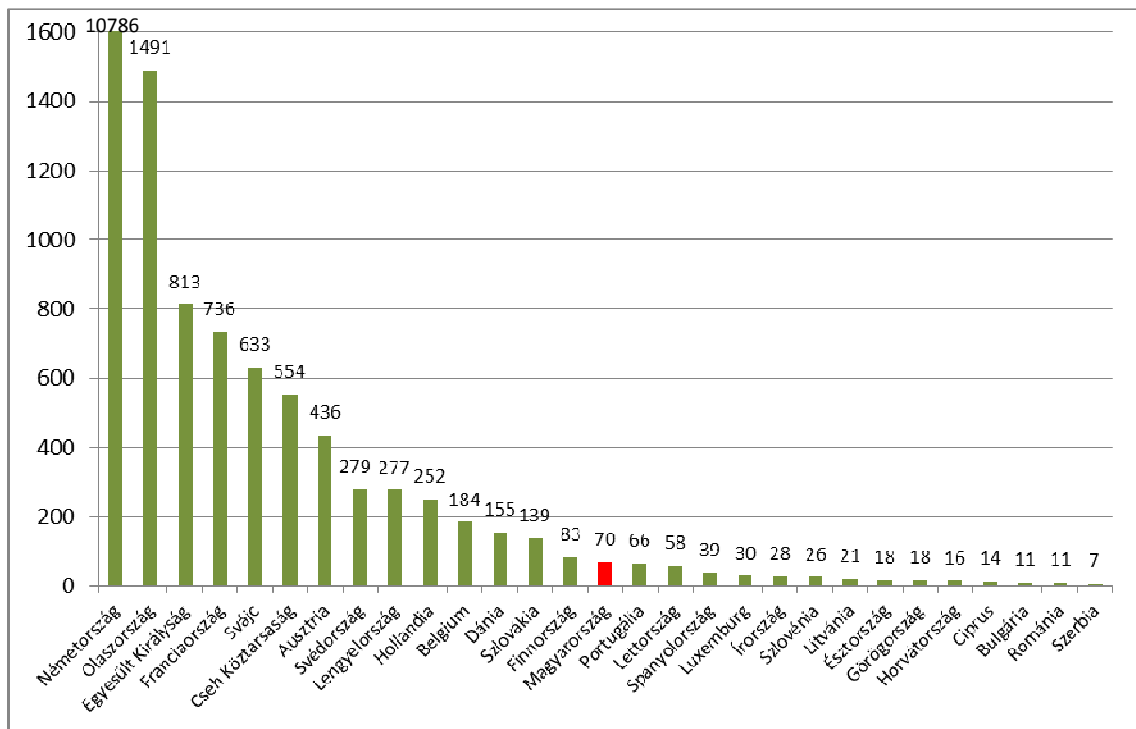


8. ábra: A megújulók részaránya a teljes energia-felhasználásból az EU-ban (% , 2014)

Forrás: KSH (2016)

Az energia-felhasználás tekintetében a biogáz különböző szektorokban, különböző módokon fontos szerepet játszhat. Biogáz használható villamos energia előállítására, hőtermelésre, vagy vegyes tüzelésű CHP-erőművekben. Tisztított és sűrített biogáz közlekedési üzemanyagként is használható, vagy a földgázhálózatba is betáplálható megfelelő tisztítás után (*Magyarország Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2020-ig*, 2015; *Matuszewska et al.*, 2016).

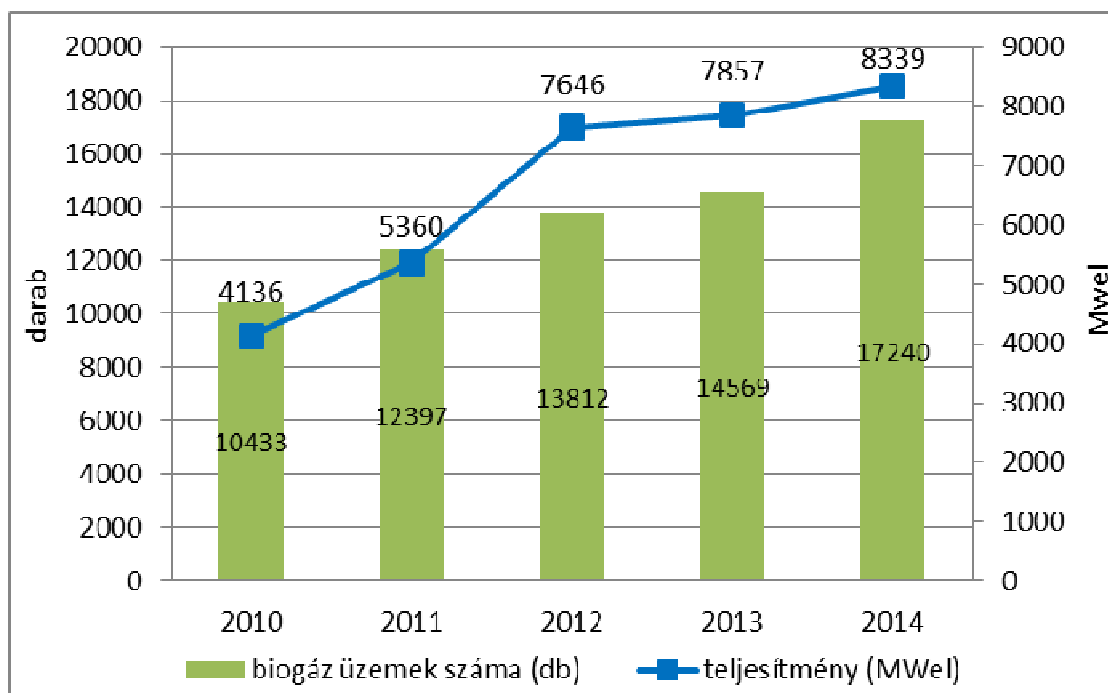
Az EBA (2015) felmérése szerint 2014-ben Európában 17 240 biogáz és 367 biometán üzem volt (9. ábra). Ez a biogáz üzemek esetében 18%-os, a biometán üzemek terén 23%-os növekedést jelent 2013-hoz képest.



9. ábra: Biogáz üzemek száma Európában (2014)

Forrás: EBA (2015) alapján saját szerkesztés

2010-től vizsgálva a biogáz üzemek száma – és azok energiapotenciálja is – folyamatos növekedést mutat (10. ábra). A biogáz üzemek száma 2014-re 6807-tel nőtt, ami közel 70%-os növekedést mutat, míg az üzemek teljesítménye ugyanezen időszak alatt megduplázódott (EBA, 2015). Hazánk megújuló energia felhasználási aránya is folyamatosan növekszik.



10. ábra: Biogáz üzemek és azok teljes potenciálja Európában (2014)

Forrás: *EBA* (2015) alapján saját szerkesztés

Osztom *Réczey* (2007) véleményét, miszerint akkor gazdaságos egy biogáz üzem, ha hozzá nagyüzemi állattenyésztési ágazat kapcsolódik, a közelében helyezkedik el egy város, a fermentálódott „biotrágya” elhelyezésére elegendő mezőgazdasági terület áll rendelkezésre, stabil, jövedelmező beruházás, ami hitelképes.

Olaszországban megközelítőleg 520 darab mezőgazdasági biogáz üzem működik (*Patrizio et al.*, 2015). Lengyelországban az elmúlt 15 évben megközelítőleg 250 darab biogáz üzem létesítettek. Ezek közül 60 darab működik mezőgazdasági biogáz üzemként, amelyek összes teljesítménye 66 015 MW (*Iglinski et al.*, 2015). *Bacanetti et al.*, (2013) szerint Olaszországban megközelítőleg 520 darab mezőgazdasági biogáz üzem működik.

Magyarországon a biogáz előállítására alkalmas üzemek száma kevés – hazánk biomassza-potenciálját tekintve. Magyarországon jelenleg 33 üzemelő mezőgazdasági biogáz üzem található, amelyek a mezőgazdaság és egyéb ipari melléktermékeket hasznosítanak.

Ezek az üzemek a következők: településeken találhatóak: Nyírbátor, Pálhalma, Kenderes, Csengersima, Dömsöd, Kaposvár, Kapuvár, Kecskemét, Klárafalva,

Pusztahencse, Kaposszekcső, Szarvas, Szeged, Kisbér, Hajdúböszörmény, Tatabánya, Békés, Tiszavasvári, Harsány, Csongrád, Tiszaszentimre, Bugyi, Bicsérd, Ikrény, Kemenesmagasi, Ostffyasszonyfa, Hajdúszovát, Vámosoroszi, Gyula, Bonyhád, Dombrád, Pálhalma, Biharnagybajom.

1.5. Célkitűzések

Alapvető célom a bioreaktorokban termelt biogáz mennyiségi és minőségi előállításának elemzése és értékelése, különös tekintettel a befolyásoló tényezők meghatározására, úgymint az alapanyag fajták különbözősége és azok felhasználásának lehetőségei.

Megvizsgálom, hogy mennyi biogáz szükséges egységnyi áram előállításához, valamint, hogy milyen hatást gyakorolnak a felhasznált alapanyagok a biogáz mennyiségére.

Rendszerszemléletű megközelítésben célul tűztem ki leírni a biogáz üzemek technológiai felépítésének, működésének, és a biogáz hasznosításának összefüggéseit. Ezen belül kívánom megvizsgálni a mezofil és termofil bioreaktorok felépítését, azok alkalmazásának módjait, működését, valamint a bioreaktor-kombinációjának üzemeltetési lehetőségeit.

Figyelmet fordítok arra, hogy a biogáz üzemekben felhasznált input-receptúrák összetétele milyen módon befolyásolja az üzem működéséhez és a biogáz előállításához szükséges munkaerő létszámát.

Van-e bármilyen összefüggés a foglalkoztatottak létszáma és a felhasznált alapanyagok száma között.

Sorra veszem a jelenleg elérhető és alkalmazható korszerű energiahatékonysági fejlesztéseket, és felmérem a vizsgált telephelyek meglévő rendszerébe illeszthető innovatív megoldásokat, különös tekintettel az energia-transzformálás hatékonyságának növelésére.

Kitérek továbbá arra, hogy a különböző bővítési, fejlesztési tervek – kapacitásnövelés esetében – milyen többletköltségeket jelenthetnek (pl. a szállítási költség növekedése).

Megvizsgálom milyen környezetre gyakorolt hatási vannak a biogáz üzemek működésének, milyen mértékű a környezetterhelés, azon felül milyen változások következnek vagy következhetnek be a környezet igénybevétele mellett.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az energia átalakítása

A dolgozat ezen fejezetének elején szeretném tisztázni az alapvető fizikai fogalmakat az energia átalakítását illetően.

Elsőként 1842-ben Mayer fogalmazta meg azt az alapvető természeti törvényt, amely szerint az energiát – csakúgy, mint az anyagot – nem lehet megsemmisíteni.

Ez a tételt tekintik a klasszikus fizika egyik alaptételének, mely az energia-megmaradás elvét mondja ki. A termodinamikában a hőtan első főtételének nevezik, és még számos további, egymással egyenértékű megfogalmazása is ismeretes.

Az első főtétel szerint a hő és a mechanikai munka egymással egyenértékű. A tétel kimondja, hogy ha mechanikai munka felhasználásából hő keletkezik, akkor az így keletkezett hőmennyiség a felhasznált mechanikai munkával egyenlő, és ez természetesen fordítva is igaz: a keletkezett mechanikai munka – illetve energia – a mechanikai munkává alakult hőmennyiséggel egyenlő.

Az első főtétel előbbi megfogalmazása nem más, mint az energia-megmaradás elvének alkalmazása a hőtani jelenségekre (*Net9*).

A főtétel más megfogalmazásai közül az egyik legismertebb az elsőfajú örökmozgónak, latinul *perpetuum mobile*-nek a lehetetlenségét mondja ki, azaz lehetetlen olyan gépet készíteni, amely tartósan munkát végezne anélkül, hogy a végzett munkával egyenértékű másfajta energiát ne fogyasztana (*Net9*).

A termodinamika 1. főtétele:

- Első főtétel (az energia-megmaradás tétele): az energia nem keletkezhet és nem semmisülhet meg, csak egyik formából a másikba alakulhat át.

Ezt írja le Gibbs fundamentális egyenlete:

$$TdS = dU + pdV - \sum_{i=1}^n \mu_i dN_i$$

$$TdS = dH - Vdp - \sum_{i=1}^n \mu_i dN_i$$

$$dH = dU + pdV + Vdp = du + d(pV)$$

Munka:

- A mechanikai kölcsönhatásnál p intenzív, V extenzív jellemző. A nyomás (p) intenzív jellemző, állapothatározó.

A mechanikai kölcsönhatás eredményeként létrejövő

- fizikai munka:

$$W_f = \Delta W_f = \int pdV = p\Delta V$$

- villamos energia:

$$E = Q\Delta\phi = QU$$

- villamos teljesítmény:

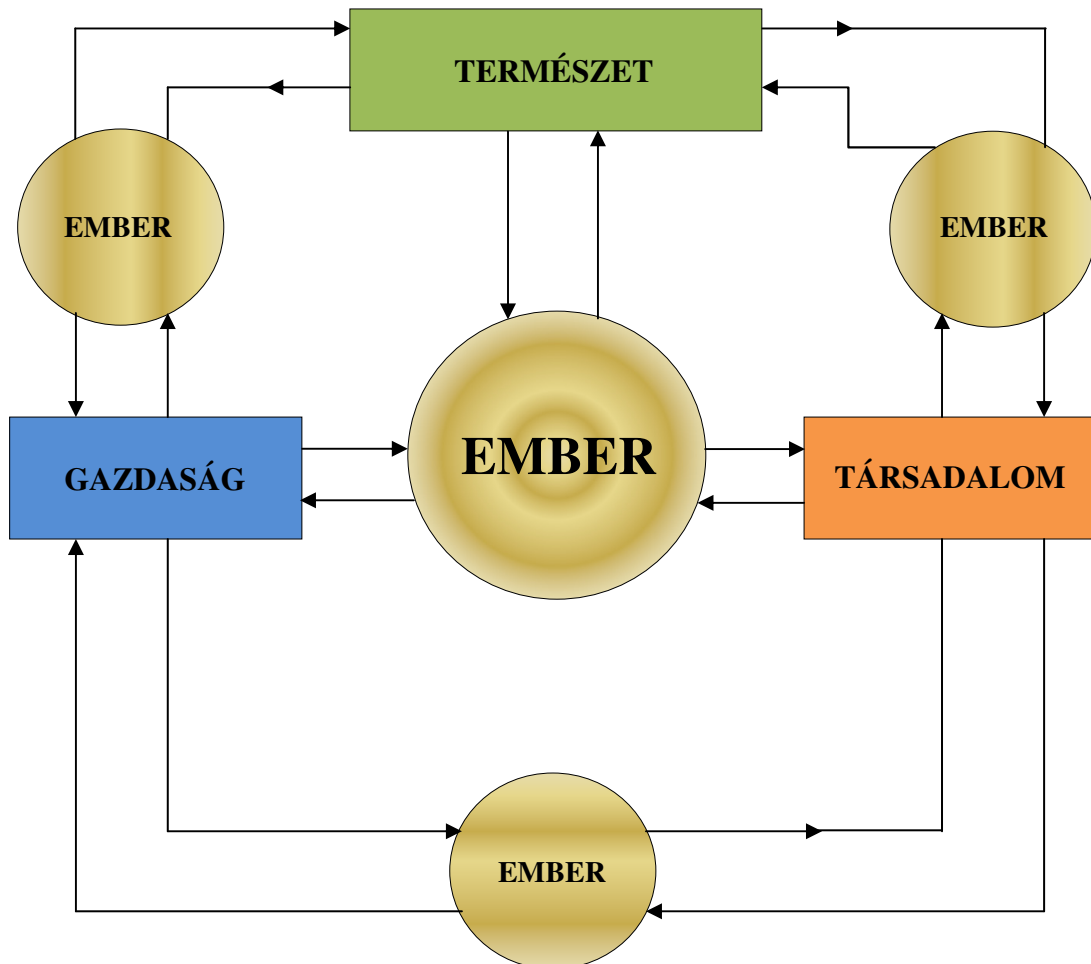
$$P = \frac{E}{\tau} = IU = I^2R = \frac{U^2}{R}$$

A hőtan első főtétele kimondja, hogy a termodinamikai rendszer belső energiájának megváltozása egyenlő a rendszerrel közölt hő és a rendszeren végzett munka összegével (Kovács és Paripás, 2011):

$$\Sigma E = Q + W$$

2.2. A biogáz-termelés aktualitása, jelentősége

Sinóros-Szabó és Maniak (2005) szerint: „Környezetünk egymással szoros összefüggésben lévő elemek komplex rendszere.” (11. ábra).



11. ábra: Környezet alrendszerei és kapcsolatai

Forrás: *Sinóros-Szabó (2004)* alapján saját szerkesztés

A megújuló energiaforrások hasznosításának Magyarországon több évtizedes elméleti kutatási eredményei vannak.

Az egyik legfontosabb bioüzemanyag a biogáz, amit előállíthatunk anaerob fermentáció során szerves kommunális hulladékokból, trágyából és szennyvízből egyaránt (*Némethy*

et al., 2012). A biogáz mint gázelegy változó összetételű, amit nagymértékben befolyásol az alapanyagok fajtája.

Sembery és Tóth (2004) szerint biogáz üzemet biológiai hulladékokkal, szerves trágyával, mezőgazdasági melléktermékekkel, illetve ezek kombinálásával lehet üzemeltetni.

A biogáz előállítása több tényezőtől is függ: az eljárás során alkalmazott technológia, a fermentáció hőmérséklete, a felhasznált alapanyagok aránya, a nedvességtartalom stb. A biogáz összetétele és fűtőértéke nagymértékben függ a felhasznált alapanyagoktól és az alkalmazott technológiától.

A mezőgazdasági biogáz üzemek elsősorban melléktermékekre alapozzák a termelést, kiegészítve különböző élelmiszeripari melléktermékekkel, mint például vágóhídi hulladékok, ételmaradékok, állati eredetű veszélyes hulladékok.

A biogáz-előállítás során az elsődleges cél az állati és növényi melléktermékek, a hulladék kezelése és hasznosítása. A biogáz rugalmasan hasznosítható megújuló energiaforrás, amelynek nagy előnye, hogy gázipari technológiával tárolható (*Magyar Biogáz Egyesület*, 2011).

Hazánkban az egyik legnagyobb mennyiségben keletkező biohulladék az állattartásból származó trágya. A biogáz szerves anyagok anaerob erjedése során képződő, a földgázhoz hasonló, rendkívül sokoldalúan felhasználható gáz (*Lukács*, 2008).

Az anaerob fermentálás egy biológiai folyamat, amely során a szerves anyagok oxigénmentes környezetben metánra bomlanak le (*Braber*, 1995; *Shih*, 1993).

A biogáz olyan gázok elege, amely szerves anyagok anaerob körülmények között történő lebontása során képződik. A biogáz előállítása során – az eljárástól és a felhasznált szerves anyagtól is függően – metán, szén-dioxid, nitrogén, hidrogén, kénhidrogén és ammónia keletkezik (*Popp et al.*, 2011).

Dublein és Steinhauer (2008) az eltérő alapanyagokból termelt biogáz összetételének különbségeit írta le (2. táblázat).

2. táblázat: A biogáz összetétele

A biogáz összetétele	Biogáz mezőgazdasági alapanyagokból	Biogáz szennyvíziszapból	Depóniagáz
Metán (CH ₄) (tf%)	45–75	65–75	45–55
Szén-dioxid (CO ₂) (tf%)	25–55	20–35	25–30
Nitrogén (N ₂) (tf%)	0,01–5	3,4	10 – 25
Hidrogén (H ₂) (tf%)	0,5	nyomokban	0
Oxigén (O ₂) (tf%)	0,01–2	0,5	1–5
Szén-monoxid (CO) (tf%)	0,2>	0,2>	0,2>
Kén-hidrogén (H ₂ S) (mg/Nm ³)	10–30000	8000>	8000>
Ammónium (mg/Nm ³)	0,01–2,5	nyomokban	nyomokban
Benzin, xilén, toluol (mg/Nm ³)	0	0,1–5>	0,1–5

Forrás: *Dublein és Steinhauser* (2008) alapján saját szerkesztés

Kacz és Neményi (1998) szerint a biogáz eredete szempontjából a természetes szerves anyagokban tárolódott napenergia.

Fontos tényező, hogy jelenleg ez az a bioenergia-hordozó csoport, amelyből magas arányban lehet villamos energiát előállítani.

Szendrei (2005) megállapította, hogy a biogáz kémiai energiája hő- vagy villamos energia előállítására, illetve a kettő kombinációjára használható fel.

Kacz és Neményi (1998) szerint a biogáz fűtőértéke 21,5–24,7 MJ/m³ is lehet.

A biogáz-termelés érzékelhető ütemben az elmúlt évtizedben indult el a hazai energiaellátásban. Biogáz telepeket elsősorban mezőgazdasági, főleg állattartó üzemek létesítettek, de épültek a szennyvíziszap és a települési hulladékok hasznosítására is.

A megvalósított üzemek legtöbbször gázmotorokat alkalmaznak a biogáz kapcsolt hasznosítására, így az anaerob biogáz-termelés fejlődését gyakran a telep villamos teljesítményével érzékeltetik (*Büki, 2010*).

A biogáz energetikai potenciál szempontjából nem meghatározó, de környezetvédelmi szempontból külön figyelmet érdemel a különböző biogázok előállítása és hasznosítása az arra alkalmas hulladékokból. Ezen anyagok ártalmatlanítása során csökkenthető a környezet terhelése. Jelenleg az így előállított biogáz zöld energiának minősül.

A 3. táblázatban láthatjuk az Európai Unió országainak biogáz termelési adatait 2012-ben. Magyarország a 14. helyet foglalja el az EU országai között.

Magyarország esetében megfigyelhető, hogy a legtöbb energiát a mezőgazdasági biogáz üzemek termelték. 2013-ban – a 2012-es évhez képest – Magyarország esetében a teljes biogáz-termelés 3%-kal növekedett. A teljes hazai biogáz-termelés 58,1%-át a mezőgazdasági biogáz üzemek állították elő (*4. táblázat*).

2.3. A biogáz-előállítás biológiai folyamatainak bemutatása

Petis (2012) szerint a bioenergia – azon belül a biogáz – termelése csak akkor versenyképes a hagyományos energiahordozókkal szemben, ha azt komplex előnyeivel együtt vesszük figyelembe.

A biogáz üzemek eredményes működéséhez elengedhetetlen feltételek *Bai* (2002) szerint a következőképpen foglalhatók össze: a biogáz-előállítás alapanyagaként bármilyen szerves anyag megfelelő lehet, aminek minden szárazanyagra számolt kg-jából 230–400 liter biogáz állítható elő. Az eltéréseket a technológia fajtája és a szubsztrátum is befolyásolhatja. Szubsztrátumként minden olyan szerves anyag alkalmazható, amelyben megtalálható szénhidrát, fehérje, zsír, cellulóz (*Drégelyi-Kiss et al., 2012*).

3. táblázat: Az Európai Unió biogáz termelése (ktoe) (2012)

	Depónia- gáz	Szennyvízből nyert biogáz	Mezőgazdasági biogáz	Teljes
Németország	123,7	372,1	5920,4	6416,2
Egyesült Királyság	1533,9	269,7	0,0	1803,6
Olaszország	370,6	42,0	766,1	1178,8
Csehország	31,7	39,4	303,8	374,9
Franciaország	279,1	79,6	53,3	412,0
Hollandia	29,9	53,1	214,5	297,5
Spanyolország	140,8	33,8	116,2	290,8
Lengyelország	53,7	79,3	60,8	193,8
Ausztria	3,8	18,2	184,3	206,4
Belgium	32,4	17,2	108,0	157,7
Svédország	12,6	73,6	40,6	126,8
Dánia	5,6	21,2	77,9	104,7
Görögország	69,4	15,8	3,4	88,6
Magyarország	14,3	18,7	46,8	79,8
Szlovákia	3,1	13,8	45,1	62,0
Portugália	54,0	1,7	0,7	56,4
Finnország	31,6	13,9	12,4	57,9
Írország	43,0	7,5	5,4	55,9
Lettország	18,4	5,7	27,8	51,9
Szlovénia	6,9	3,1	28,2	38,1
Románia	1,4	0,1	25,9	27,3
Horvátország	2,0	3,1	11,4	16,6
Litvánia	6,1	3,1	2,3	11,6
Luxemburg	0,1	1,3	12,0	13,4
Ciprus	0,0	0,0	11,4	11,4
Észtország	2,2	0,7	0,0	2,9
Bulgária	0,0	0,0	0,1	0,1
Málta	0,0	0,0	0,0	0,0
EU	2870,3	1187,8	80,8	12137,1

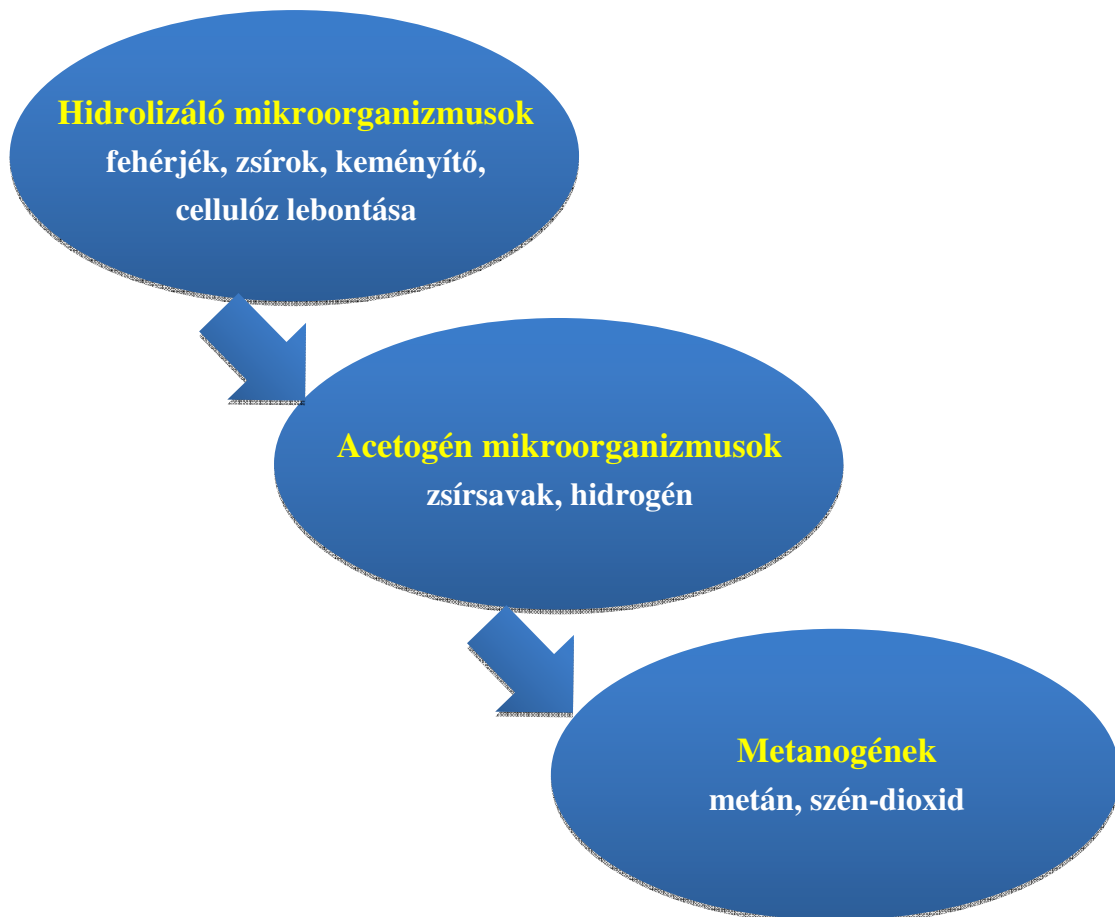
Forrás: *EurObservER* (2014) nyomán saját szerkesztés

4. táblázat: Az Európai Unió biogáz termelése (ktoe) (2013)

	Depónia- gáz	Szennyvízből nyert biogáz	Mezőgazdasági biogáz	Teljes
Németország	108,8	392,8	6215,3	6716,8
Egyesült Királyság	1538,2	286,2	0,0	1824,4
Olaszország	410,8	48,5	1356,1	1815,4
Csehország	28,9	39,6	502,5	571,1
Franciaország	280,0	80,0	105,0	465,0
Hollandia	24,6	57,8	220,3	302,8
Spanyolország	124,0	29,8	102,4	256,1
Lengyelország	61,8	91,2	98,2	251,2
Ausztria	3,7	18,4	174,6	196,8
Belgium	29,2	15,5	97,2	141,9
Svédország	13,6	79,3	43,7	136,6
Dánia	5,3	20,3	74,4	100,0
Görögország	67,5	16,1	4,8	88,4
Magyarország	14,3	20,1	47,8	82,2
Szlovákia	3,4	14,8	48,5	82,2
Portugália	61,8	2,7	0,8	65,3
Finnország	31,7	14,6	13,2	59,5
Írország	43,1	7,5	5,4	56,0
Lettország	18,4	5,7	27,9	52,0
Szlovénia	7,1	3,6	4,8	15,5
Románia	1,5	0,1	28,4	30,0
Horvátország	2,1	3,2	12,8	18,0
Litvánia	7,1	3,6	4,8	15,5
Luxemburg	0,1	1,3	11,4	12,8
Ciprus	0,0	0,0	12,0	12,0
Észtország	5,4	1,8	0,0	7,2
Bulgária	0,0	0,0	0,1	0,1
Málta	0,0	0,0	0,0	0,0
EU	2892,3	2253,6	9232,7	13378,7

Forrás: *EurObservER* (2014) nyomán saját szerkesztés

Kovács és Bagi (2005) szerint a biológiai metántermelést három mikrobiológiai tevékenység határozza meg, melyek egymásra épülnek. Az anaerob fermentáció három szakaszában részt vevő baktériumok: 1. hidrolizáló mikroorganizmusok, 2. acetogén mikroorganizmusok, 3. metanogének (12. ábra).

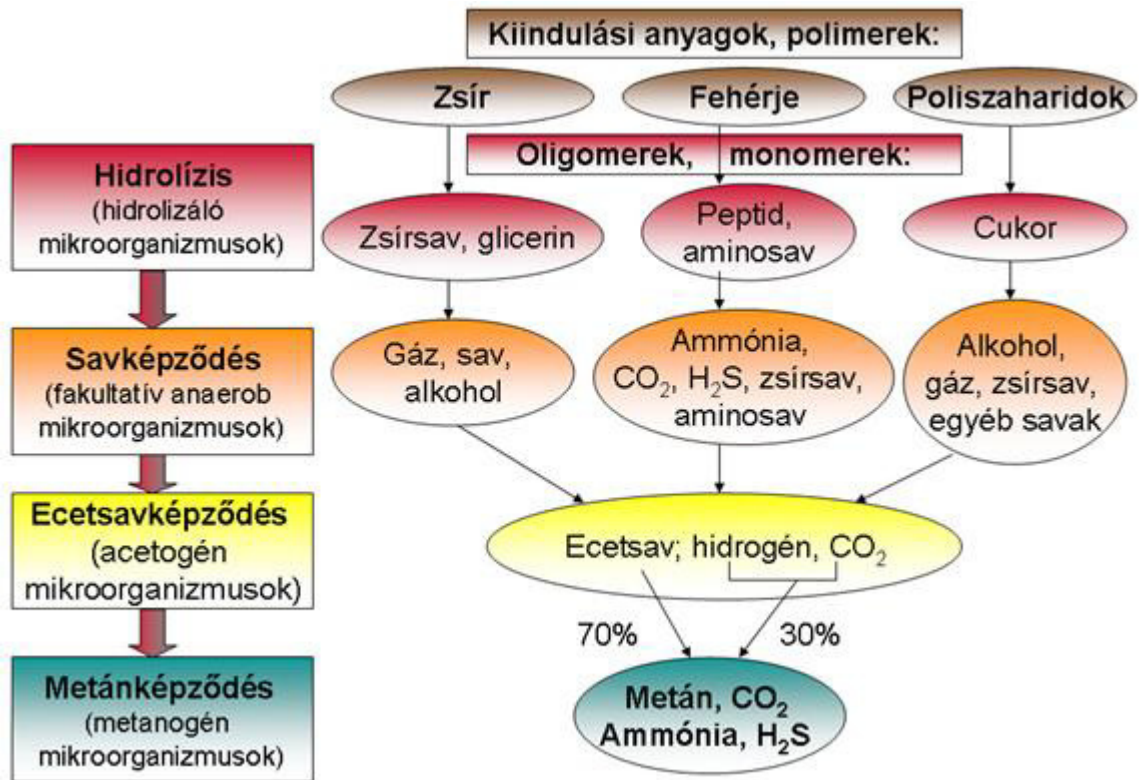


12. ábra: Az anaerob fermentáció három szakasza

Forrás: Kovács és Bagi (2005) alapján saját szerkesztés

A 13. ábrán látható, hogy a metántermelés során az anaerob fermentációt Öllős (1991), Börjesson és Mattiasson (2007), Dueblein és Steinhauser (2008), Pereira (2009), valamint Mézes (2011) már négy szakaszra bontotta:

1. hidrolízis,
2. savképződés,
3. acetogén fázis,
4. metanogén fázis.



13. ábra: Az anaerob fermentáció négy szakasza

Forrás: Öllős (1991), Börjesson és Mattiasson (2007), Dueblein és Steinhauser (2008) és Pereira (2009) alapján Mézes (2011)

A biogáz termeléséhez három különböző hőmérséklettartományt különböztetnek meg, ahol a különböző baktériumtörzsek különböző hőmérsékleten mutatnak aktivitást (5. táblázat).

Pszihrofil eljárás: nem igényel fűtést, Magyarország éghajlati adottságai miatt azonban hazánkban nem használatos. Alacsony a baktériumok aktivitása a hőmérsékletből eredően, a fermentálandó anyagok hosszú ideig tartózkodnak a bioreaktorban, aminek időtartama megközelítőleg 60 nap *Olessák és Szabó (1984)* szerint.

Mezofil eljárás: a legtöbb esetben használt eljárásfajta. *Olessák és Szabó (1984)* vizsgálatai alapján 25 ± 5 nap. Ezt az eljárást a viszonylag homogén, könnyen lebomló alapanyagok esetében használják.

Termofil eljárás: a baktériumaktivitás igen magas, a tartózkodási idő 15 ± 2 nap (5. táblázat). A gáztermelődés vektora ebben az eljárásban 25–50%-kal magasabb, mint a mezofil eljárásban (*Olessák és Szabó, 1984*). *Eder és Schulz (2006)* alapján ebben a közegben a termofil baktériumok érzékenyebben reagálnak minden öket

erő hatásra. *Schulz és Eder (2005)* szerint a magasabb hőmérséklet előnye, hogy a patogén mikroorganizmusok nagyobb arányban pusztulnak el. Ezek mellett az anaerob bomlás nem exoterm, hanem endoterm reakció, ebből következik, hogy a fermentálandó anyagokat fűteni kell. *Barótfi (2003)* szerint a termofil eljárás optimális hőmérsékleti tartománya 45–65 °C. Ennek gazdaságossági hatásai miatt a mezofil eljárás előnyösebb.

5. táblázat: Baktériumok hőmérsékleti tartománya

Az eljárás típusa	Hőmérséklet (°C)			Optimális hőmérsékleti tartomány
	Minimum	Optimum	Maximum	
Pszichrofil	-15	10	20	0–20
Mezofil	5–10	30–37	40–43	30–38
Termofil	40	45–65	60–98	45–65

Forrás: *Olessák és Szabó (1984)*, *Barótfi (2003)*, *Mézes (2011)* nyomán

2.4. A biogáz-termelés technológia bemutatása

A biogáz-előállítás többfajta eljárását is kidolgozták az elmúlt években kutatók. Ennek tükrében le lehet mérni az eljárások hatékonyságát minőségi és mennyiségi jellemzőkön keresztül.

A bioreaktor egy olyan magas szintű technológiai megoldást képvisel, amely zárt rendszerben képes a szükséges és elégséges feltételeket biztosítani, és ehhez kapcsolódóan szabályozni és irányítani a biológiai anyagrendszerében a gázképződést meghatározó folyamatokat (*Sinóros-Szabó et al., 2005*).

A biogáz-előállítás technológiájának kiválasztása során a helyben rendelkezésre álló alapanyag jellemzőihez kell igazodni.

A technológiák fontos eleme az előkészítés, mint például az aprítás. Az aprítás a baktériumok számára fontos, mert ezzel a folyamattal megnöveljük az alapanyagok felületét, így felgyorsítjuk a bioreaktorban lejátszódó bontási folyamatokat (*Hajdú, 2009*).

A biogáz-termelésben megkülönböztetünk két eljárási módot.

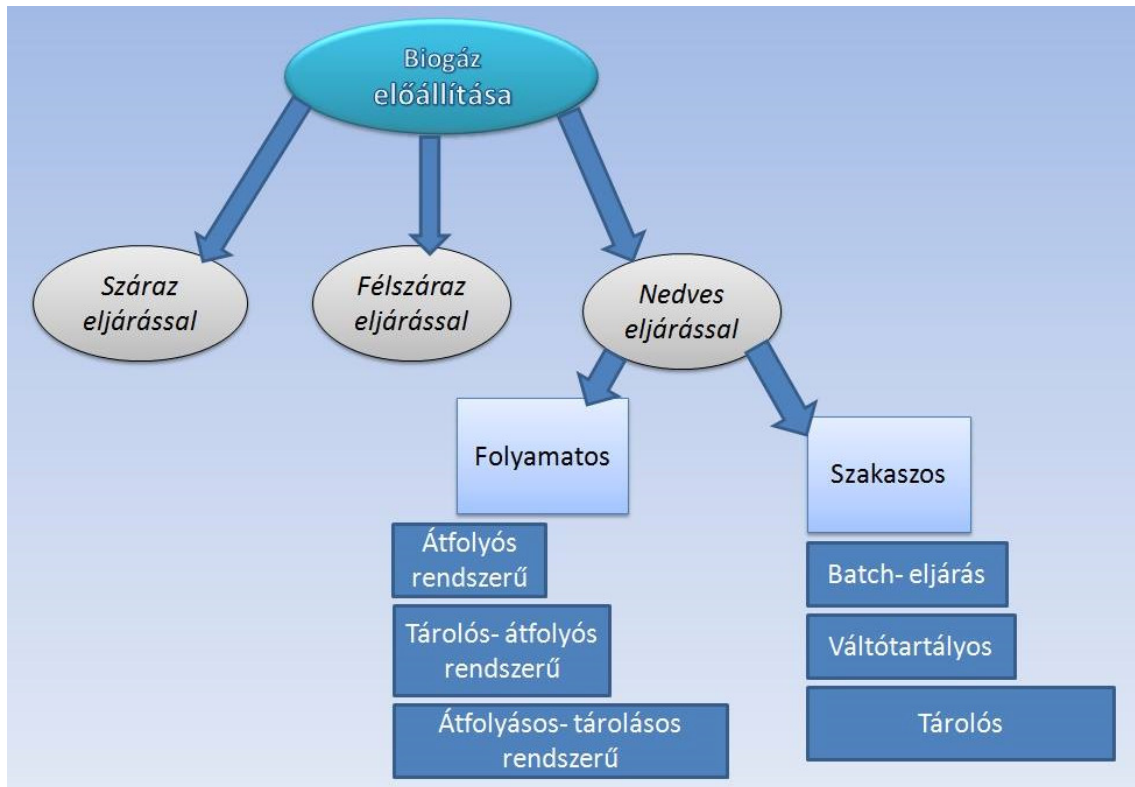
- A folyamatos eljárás alatt a híg alapanyagot (hígtrágya) folyamatosan adagolják a bioreaktorba, ahol egy leeresztő vezetéken azonos mennyiségű, de már fermentálódott végtermék távozik a rendszerből a közlekedő edények elve szerint. *Bai* (2002) szerint a folyamatos eljárás egyik előnye, hogy kisebb energiaveszteség lép fel a bioreaktor fűtésénél, egyszerű az ürítés és az újratöltés, teljesen automatizálható az egész folyamat.
- A másik a Batch – vagy szakaszos – eljárás, ami nagyobb fajlagos gázkihozatalt produkál, a visszamaradt fermentálódott végtermék könnyebben kezelhető és tápanyagban értékesebb a biotrágya (6. táblázat). A Batch féle eljárás jellemzője az alapanyag egyszeri feladása a bioreaktorba. Elsősorban nagy szárazanyag-tartalmú anyagok (almos trágya, növényi maradványok) fermentálására alkalmas (*Bai, 2007*).

6. táblázat: Biogáz üzem típusok alapanyagok felhasználása szerint

Üzemelés típusa	1. Folyamatos üzem	Az alapanyagok egyenlő mennyiségű napi szintű feladása és kitárolása.
	2. Batch féle üzem	A bioreaktorok teljes feltöltése és kiürítése.

Forrás: *Gruber* (2007) nyomán

Klein és Winter (2000) a biogáz termelési fajtákat három típusra osztotta, ezeken belül a nedves eljárást további eljárásokra bontotta (14. ábra).



14. ábra: A biogáz-termelés folyamata

Forrás: Klein és Winter (2000) nyomán

2.5. A biogáz-előállítás felhasználható alapanyagai

A biogáz -előállítás egyik felhasználható alapanyaga a biomassza, ami Monoki (2006) alapján biológiai eredetű szervesanyag-tömeg, egy biocönózisban vagy biomban a szárazföldön és vízben élő és nemrég elhalt szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) testtömege; biotechnológiai iparok termékei; és a különböző transzformálók (ember, állatok, feldolgozó iparok stb.) összes biológiai eredetű terméke, hulladéka, mellékterméke.

Sinóros-Szabó *ifj.* (2008) szerint a biomassza naprendszerünk ciklikusan megújuló biológiai terméke, szerves anyag. A biomassza energiahasznosítás szempontjából megújuló, a szén, a kőolaj és a földgáz után a világon jelenleg (a hasznosítás szempontjából) a negyedik legnagyobb energiaforrás.

Nagy (2005) alapján hazánk területének több mint 80%-át különböző szárazföldi növényzet borítja, a szántóterületek aránya 48%, az erdőterületek aránya 19%, a gyepterületek aránya 11%, kert- és szőlőterületek 3%, művelés alól kivont terület 17%, egyéb (nádas, halastó) 2%. Várallyay (2004) szerint kérdéses azonban, hogy a gyepterület mekkora hányada számít természet közeli ökológiai rendszernek, mivel azon területek is agroökológiai rendszernek tekinthetők, melyek hasznosítási célja biomassza-termelés (kaszáló, legelő).

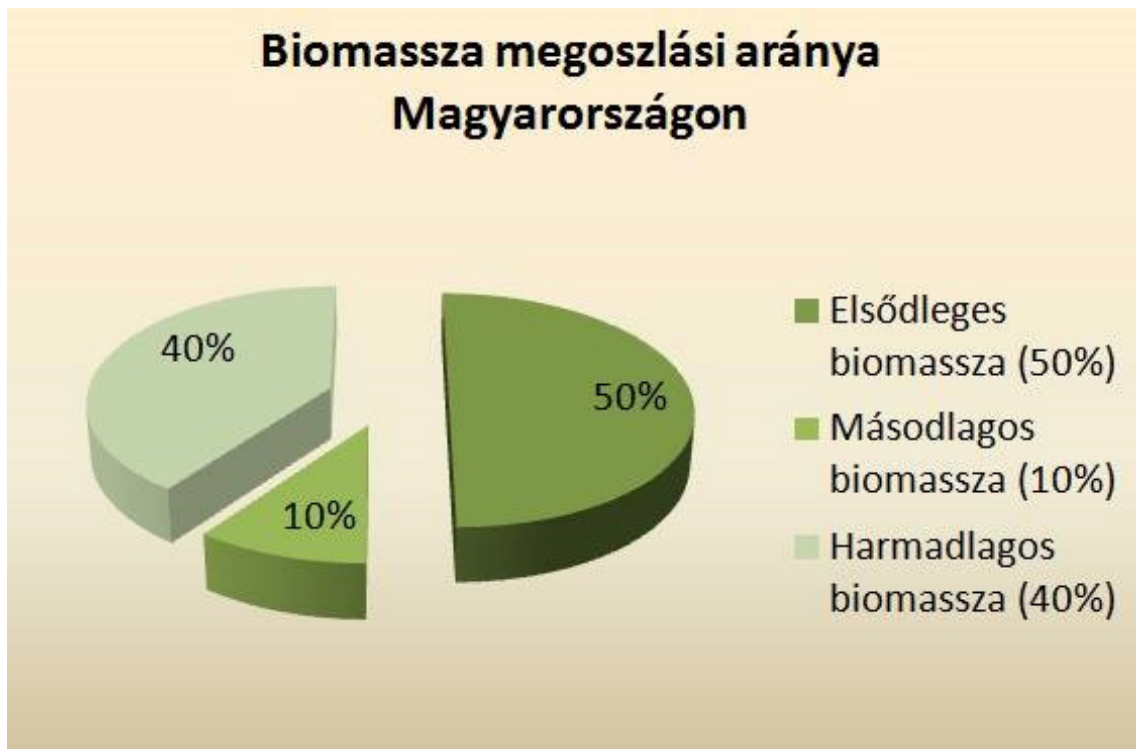
Annak tekintetében, hogy az adott biomassza hol helyezkedik el a biomassza termelési–felhasználási láncban, megkülönböztetünk elsődleges, másodlagos és harmadlagos biomasszát (Láng, 1985).

Nagy (2008) szerint a szervesanyag-termelés alapján a következőképp csoportosíthatjuk a nyersanyag-forrásokat (15. ábra).

Elsődleges biomassza: a természetes vegetáció, szárazföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények részaránya a teljes biomasszából 50%. Ebből dendromassza 40%, növényi fő és melléktermék 60%, így például silókukorica, kukoricaszár, kukoricaszem, kukoricacsutka, fű, cukorcirok, napraforgó törköly, lucerna, energiafű, len, kender, árpszalma, búzaszalma, rozsszalma, zabszalma, cukorrépaszelet, repcepogácsa, burgonya.

Másodlagos biomassza: az állatvilág, gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladékai. Részaránya 10%, mely az elsődleges biomassza konverziója, így például trágya, hígtrágya.

Harmadlagos biomassza: a biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok melléktermékei, melléktermékei, hulladékai, emberi települések szerves eredetű szerves hulladékai. A teljes biomassza 40%-t teszi ki. Elsődleges és másodlagos biomasszák feldolgozása közben keletkezett melléktermékek, kommunális hulladékok, így például vágóhídi hulladék, ipari eredetű szerves hulladék, vendéglátó ipari szerves hulladék, melléktermék.



15. ábra: A biomassza megoszlási aránya Magyarországon

Forrás: Nagy (2008) alapján saját szerkesztés

Sinóros-Szabó ifj. (2008) rendszerszemlélete szerint a szervesanyag-keletkezés alapján a csoportosítás a következő.

1. elsődleges biomassza: szántóföldi „zöld” anyagok, mező- és erdőgazdasági hulladékok, ipari- és energia növények stb.;
2. másodlagos biomassza: az állattenyésztés melléktermékei;
3. harmadlagos biomassza: élelmiszer-feldolgozás melléktermékei, kommunális hulladékok.

Többek között *Hendriks és Zeeman* (2009) is megállapította, hogy fontos szerepet tölt be a felhasznált alapanyagok előkezelése, mint például a lignocellulóz bontása.

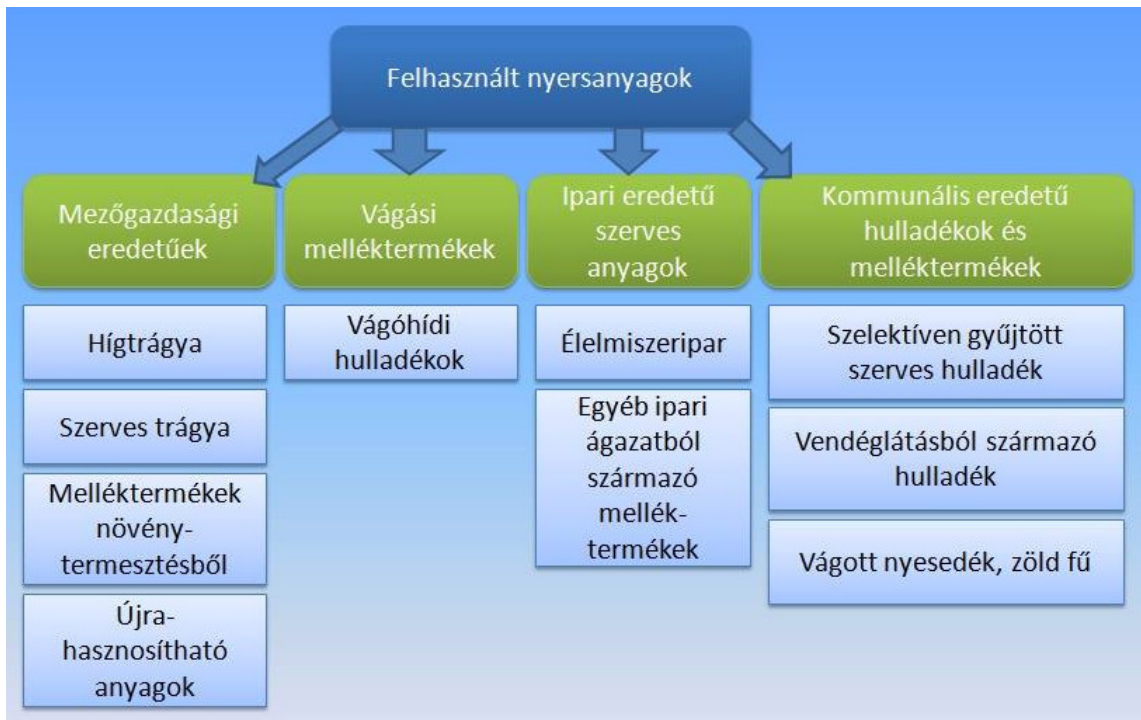
Jelenleg több fajta előkezelő, hidrolizáló eljárást is alkalmaznak az alapanyagok előkészítésére, amely lehet biológiai vagy kémiai eljárás, aminek során a lignocellulózt felbontják, ezáltal megkönnyítve a fermentációs folyamatban résztvevő baktériumok munkáját (*Chen et al.*, 2010; *Lee et al.*, 2010; *Li et al.*, 2010, 2015; *Zheng et al.*, 2014;).

Ennek hatására magasabb gázkihozatal érhető el a fermentációs folyamat során (Zhao *et al.*, 2010; Teghammar *et al.*, 2012).

Az alapanyagok előkezelése meggyorsítja a fermentációs folyamatot (Mata-Alvarez *et al.*, 2000; Palmowsky és Müller, 1999). Angelidaki és Ahring (1999) megállapította, hogy az almos trágya előkezelése mechanikai aprítással 17%-kal nagyobb gázkihozatalt eredményez.

A biogáz előállítására szolgáló eljárások az alapanyag minőségében, betáplálásának módjában és gyakoriságában különböznek (Bai, 2007).

A biogáz üzemekben leggyakrabban felhasznált nyersanyagok a Bayerisches Landesamt für Umwelt (2004) nyomán Mézes (2011) alapján a 16. ábrán láthatóak.



16. ábra: A biogáz üzemekben felhasználható nyersanyagok fajtái

Forrás: Bayerisches Landesamt für Umwelt (2004) nyomán Mézes (2011)

A biohulladékoknak – keletkezési helyüktől függetlenül – közös tulajdonságuk, hogy biotechnológiai eljárások alkalmazásával a költséges ártalmatlanítás helyett energiatermelésre és a mezőgazdaságban tápanyag-utánpótlásra hasznosíthatóak (Sembery és Tóth, 2004).

A mezőgazdaság és az élelmiszeripar ágazatainak tekintetében környezetvédelmi problémaként jelentkezik az itt keletkező hulladékok, melléktermékek ártalmatlanítása és/vagy megsemmisítése. Ez nem csak megoldódhat, de ezen ágazatok egyéb árbevételre is szert tehetnek, mert a mezőgazdaság képes a más ágazatokban keletkező biohulladékok befogadására, hasznosítására.

Ohimain és Izah (2017) szerint a pálmaolaj feldolgozása során keletkező melléktermékek is alkalmasak a biogáz előállítására, ami környezetvédelmi szempontból jelentős, mivel ezek a melléktermékek nagymértékben ronthatják a vizek biológiai és kémiai oxigénigényét.

Jena et al. (2017) szerint a banán félszáras, lehullott levelei magas energiapotenciállal rendelkeznek, és ez egyben mezőgazdasági mellékterméknek is tekinthető. A banánlevelekből kinyerhető biogáz metántartalma 65,28%.

Hajdú (2009) szerint amennyiben a felhasznált szárazanyag-tartalom meghaladja a szubsztrátum 15–20%-át, hígítani kell, mert a szivattyúrendszer meghibásodásához vezethet.

A hígtrágya mellett a következő szerves alapanyagok (7. táblázat) használhatók fel biogáz üzemekben:

- gyümölcs és zöldség feldolgozási melléktermékek,
- vágóhídi és húsfeldolgozási hulladékok,
- konyhai és éttermi szerves hulladékok,
- növénytermesztés melléktermékei,
- szilárd kommunális szerves hulladék,
- siló kukorica, szudáni fű, csicsóka.

A 7. táblázatból megállapítható, hogy az állati hígtrágyák alapvető fontosságúak, a belőlük képződő biogáz metántartalma 60–70%. Nagy gázhozamot biztosítanak a növénytermesztésből származó alapanyagok (silókukorica, cukorrépaszelet, cukorcirok), és hasonlóképpen magas metántartalommal (65–75%) rendelkeznek a különböző élelmiszeripari melléktermékek (törköly, vágóhídi nyeselek).

7. táblázat: Különböző felhasznált alapanyagok és az azokból kinyerhető biogáz- és metántartalom mennyisége

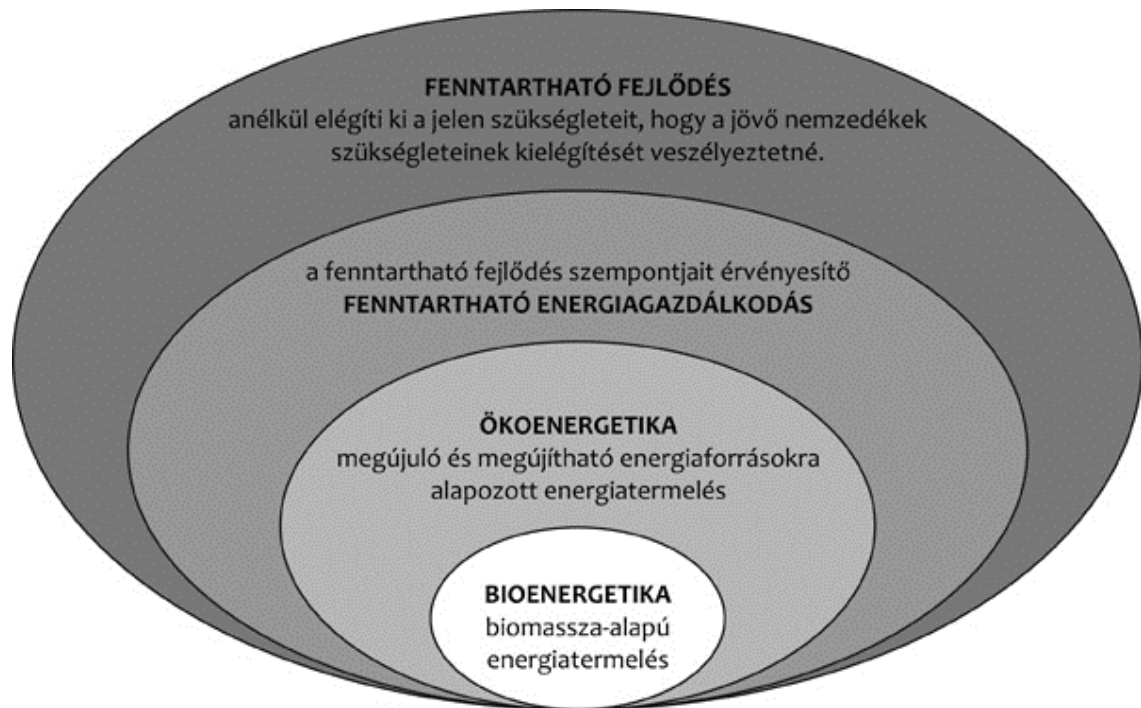
Alapanyag	Szárazanyag-tartalom (%)	Biogáz-hozam (m ³ /t)	Metán-tartalom (%)
Marhatrágya	25–30	40–50	60
Sertétrágya	20–25	50–60	60
Baromfitrágya	30–35	70–90	60
Marha hígtrágya	8– 11	20–30	60
Sertés hígtrágya	7– 8	20–35	60–70
Silókukorica	20–35	170–200	50–55
Kalászos teljes növény	30–35	170–220	55
Cukorrépa	23–25	170–180	53–54
Répalevél	16–18	70–80	54–55
Fűszénázs	25–50	170–200	54–55
Melasz	80–90	290–340	70–75
Szőlőtörköly	40–50	250–270	65–70
Gyümölcstörköly	25–45	250–280	65–70
Sörtörköly	20–25	100–130	59–60
Gabonaszeszmoslék	6 – 8	30–50	58–65
Konyhai élelmiszer-hulladék	9–37	50–480	45–61
Szennyvíziszap	5 – 24	35–280	60–72
Zöldkaszálék	10 – 12	150–200	55–65

Forrás: Hajdú (2009) alapján saját szerkesztés

2.5.1. Környezeti – társadalmi – gazdasági hatások rendszere

A következőkben – kicsit visszatekintve a fenntarthatóság elvéhez, egyetértek Végh (2017) azon gondolatával, miszerint életrendünk akkor fenntartható, ha anyagforgalma körkörös, azaz illeszkedik a természet rendjéhez, a fenntarthatóság pedig elsősorban energiaforrásainktól függ.

Dinya (2010) alapján a fenntartható energiagazdálkodás egyik fontos területe az ökoenergetika (17. ábra), a megújuló energiaforrások kihasználása, ám a fenntartható energiagazdálkodás részeként kell kezelnünk a klasszikus (nem megújuló) energiaforrásokat is, hisz teljes mértékű kiváltásuk belátható időn belül lehetetlen.

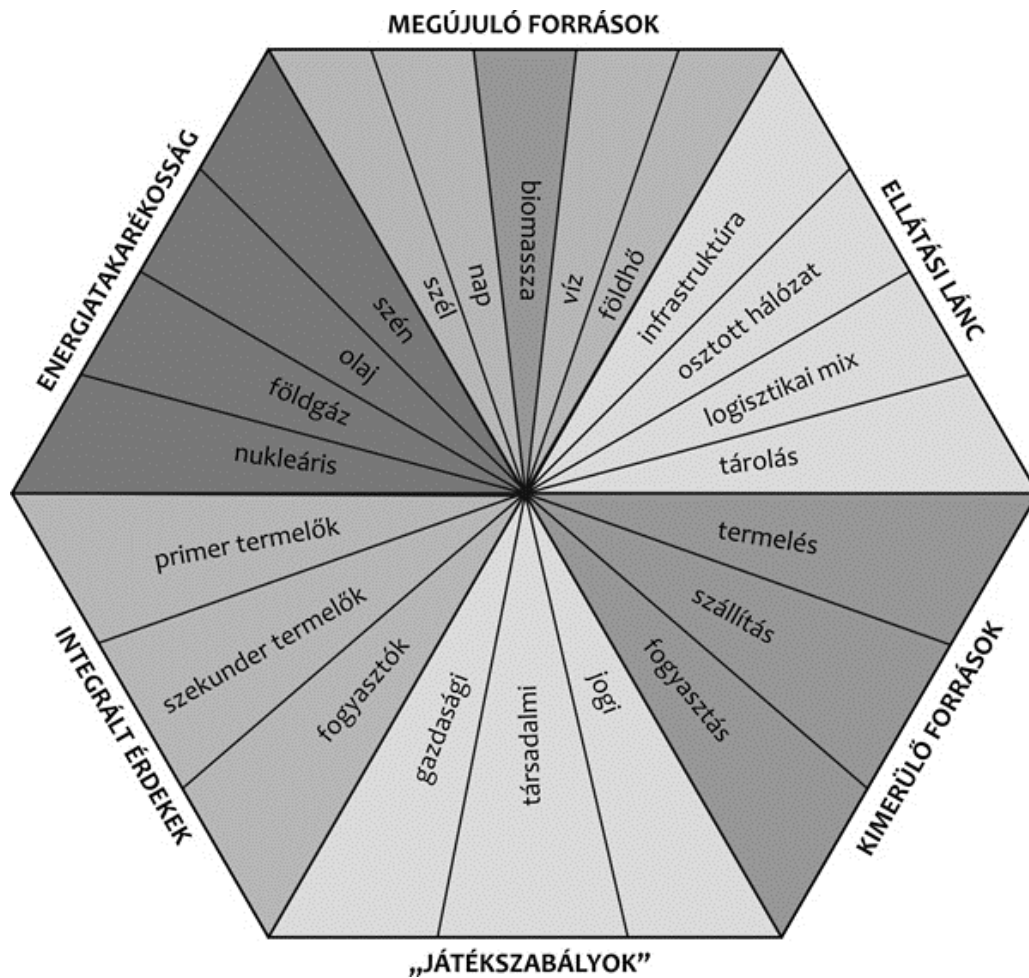


17. ábra: Energetikai potenciálok

Forrás: *Dinya* (2010)

- Fenntartható fejlődés: olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek szükségleteinek kielégítését – az ismert, Brundtland-féle definíció szerint.
- Fenntartható energiagazdálkodás: az energiatermelés, -tárolás, -szállítás, -felhasználás komplex folyamatának (vertikumának) társadalmi, gazdasági és ökológiai szempontokat integráló megvalósítása; a klasszikus energiagazdálkodás fenntartható fejlődésbe illeszkedő átalakítása.
- Ökoenergetika: a megújuló erőforrásokra alapuló energiavertikum tevékenységeinek rendszere – csak a megújuló és a megújítható energiaforrások tartoznak ide.
- Bioenergetika: ökoenergetikai értelmezésben a biomasszán alapuló energiavertikum tevékenységeinek rendszere – a megújuló energiaforrások speciális csoportjára, a megújíthatókra vonatkozik.

Ugyancsak *Dinya* (2007) szerint ezzel szoros összefüggésben természetesen elkerülhetetlen – bár kétségtelenül nagyon tőkeigényes – a nem megújuló energiaforrások ún. tiszta (tehát környezetbarát) és a jelenleginél jóval hatékonyabb technológiákra átállítása. Így már felvázolhatjuk a fenntartható energiagazdálkodás komplex rendszerét (18. ábra), amelyben a különféle – megújuló, illetve kimeríthető – energiaforrások mellett további számos fontos összetevő is szerepel.



18. ábra: A fenntartható energiagazdálkodás rendszere

Forrás: *Dinya* (2010)

- Ellátási lánc: az energiahordozók kitermelésének, feldolgozásának és az energiatermelés melléktermékeinek logisztikai kezelésén, valamint az energia sokkal hatékonyabb tárolásának megoldásán túl kezelni kell az időszakos (nap-, szélenergia) és a szezonális (biomassza-termelés) ingadozásokat, és az energiafogyasztás ingadozásainak kihívásait is. Ráadásul a reményeink szerint kialakuló ún. osztott

(decentralizált) energiahálózat alapvetően eltér a mai globális, koncentrált hálózatoktól.

- Energiahatékonyság: legtisztább energia az, amit nem kell megtermelni – vagyis amit meg tudunk takarítani (az ún. negajoule). Kalkuláció szerint az energiatakarékossági potenciál a fejlett országokban 20–25%, a kevésbé fejlettekben – így hazánkban – 30–35% (*Greenpeace International*, 2007).
- Játékszabályok: ma még a formális jogszabályi előírások, illetve piaci szabályozók – támogatások, korlátozások, kötelezettségek és elvonások – rendszere részint hézagos, részint ellentmondásos. Nemzetközi, nemzeti és helyi szinten is sok összehangolt lépésre van szükség, míg a befolyásos, ellenérdekű lobbykkal szemben egy konzisztens, a fenntartható energiagazdálkodást támogató játékszabályrendszer jön létre. Ugyanehhez szervesen hozzátartozik az informális játékszabályok rendszere, azaz a társadalmi értékrend (energiafogyasztási szokások), amelynek megváltoztatása nélkül vajmi kevés az esély fenntartható energiagazdálkodásra.
- Integrált értéklánc: a fenntarthatóság csak akkor valósulhat meg, ha az energetikai ágazat (és általában a komplett gazdaság) szereplőinek összetett értékalkotó tevékenységében (az ún. értékláncban) integráltan kapcsolódnak össze a primer és a szekunder energiatermelés, valamint az energiafogyasztás szereplői.

Talán e rövid leírásból is érzékelhető: a fenntartható energiagazdálkodás rendszere komplex, és csak hosszú távon és globálisan összehangolt erőfeszítéssel valósítható meg (*Dinya*, 2010).

Ökológiai szempontból egy biogáz üzem fenntartható rendszernek tekinthetünk, mivel természetes alapanyagokat használ fel energiatermelésre, valamint a végtermékével (biotrágya) kiváltható a műtrágyahasználat egy része.

Rendelkezésünkre álló erőforrásaink felhasználása, újrafelhasználása a biodiverzitás megőrzését szolgálja. A biogáz-előállításnak több környezeti hatása is ismert. A biogáz legnagyobb részben az állatok által termelt trágyából keletkezik, viszont ennek a tömegnek a felhasználásához környezetvédelmi szempontból megfelelő eljárás szükséges, hogy megóvjuk környezetünket a túlzott terheléstől.

Lakatos és Czudar (2008) szerint ma már a legtöbb országban a szennyvízkezelés jelenti a legnagyobb és legidőszerűbb gondot. Ezek a problémák egyre nagyobb

területekre terjednek ki, mint például a mezőgazdaság vagy az élelmiszeripar által termelt szennyvizek kezelése, ártalmatlanítása. Az emberiség fontos ipari tevékenységévé válik a szennyvízkezelés, szennyvíztisztítás, amire ugyancsak alkalmas módszer lehet az ebből nyert biogáz előállítás.

A biogáz előállításához szükséges organikus anyagok egy része kellemetlen szagú. Ezen anyagok mozgatása, tárolása, a kiejedt fermentlé szántóföldekre való kijuttatása szaghatással jár.

Pozitív előny a szerves anyagok környezetkímélő feldolgozása, ami egyben értékes energiaforrás is, csökkennek az üvegházhatású gázok légkörbe való jutása, javítható a talaj tápanyag-utánpótlása, a termesztett növények számára könnyebben felvehető tápanyagok kijuttatása, a fermentációs folyamat során a biotrágya higiénája javul.

Környezetvédelmi szempontból jelentős szerepe van a biotrágya alkalmazásának, mivel képes a mezőgazdasági talajok humusztartalmának regenerálására és egyaránt kiváltható a műtrágyahasználat (*Sántha, 1996*).

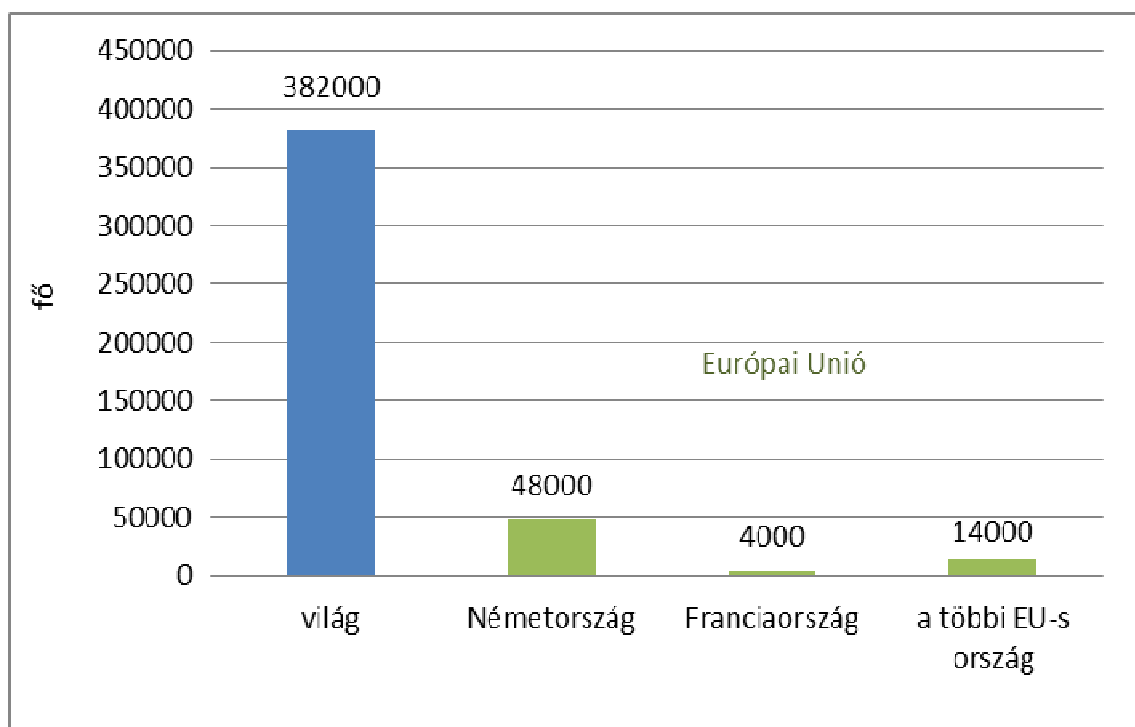
Egy adott régió vagy térség állapotát alapvetően meghatározza a foglalkoztatottság aránya (*Nagy et al., 2014*). Az *IRENA* (2016) felmérése alapján világviszonylatban több mint 8 millió embert foglalkoztatnak a megújuló energia szektorban, ami az Európai Unióban is 1,169 millió főt jelent (*19. ábra*).

Nagy et al. (2014) szerint a mezőgazdaság jövedelmezőségének javítása növeli az adott régió fejlettségét, a lakosság jövedelmét, bizonyos mértékben a foglalkoztatást is.

Sinóros-Szabó és Dinya (2008) szerint belátható időn belül globális szinten több probléma is érzékelteti hatásait.

1. Energiaválság (fenntartható energiagazdálkodás megvalósítása).
2. Vízhány (erősödő környezetterhelés és klímaváltozás mellett az emberiség ivóvízszükségletének kielégítése).
3. Élelmiszerhiány (a demográfiai robbanás és rosszabbodó klimatikus feltételek mellett az emberiség élelmiszerral való ellátása).
4. Környezeti problémák (gazdasági és társadalmi alkalmazkodás a növekvő környezetterhelés és klímaváltozás hatásaihoz).

5. Szegénység növekedés (a népesség rétegei közti jövedelem – életszínvonalbeli – különbségek fokozódása, az ebből eredő regionális és nemzetközi konfliktusok megelőzése).
6. Terrorizmus és háborús fenyegetések (hatékony nemzetközi erőfeszítések ezeknek a megelőzésére).
7. Betegségek terjedése (a betegségek is „globalizálódnak”, és ennek a folyamatnak a csökkentése nagy kihívás).
8. Oktatás fejlesztése (a tudástársadalom korszakában az oktatásból kimaradó rétegek leszakadása növekvő társadalmi feszültségek forrása lehet).
9. Demokrácia növelése (a tekintélyuralmi – feudális, és/vagy ideológiai alapon nyugvó rendszerek nagyban fenyegetik a kiegyensúlyozott globális fejlődést).
10. Népesség növekedése (bolygónk eltartó képességének határát már túlléptük, az egyensúlyhoz közelítő demográfiai helyzet megteremtése elkerülhetetlen).



19. ábra: A biogáz – mint megújuló energia – szektor direkt és indirekt módon alkalmazott dolgozói száma

Forrás: IRENA (2016) alapján saját szerkesztés

A *Sinóros-Szabó és Dinya* (2008) által felsorolt problémákat rendszerben vizsgálva megállapítható, hogy a sorrend lényeges a szerzők szerint. A rendszer elemei kölcsönhatásban állnak egymással, a fent elhelyezkedő problémák hatással vannak a lentebb felsoroltakra. Ezek közül kiemelkedik az energiakérdés szerepköre, ami hatással van az energiatermelésre, az energiatermelés pedig közvetlen hatást gyakorol a gazdaságra, társadalomra, a környezetterhelésre.

2.6. A biogáz felhasználásának alternatív módjai

Petis (2008a) szerint az előállított biogáz metántartalmának hasznosítási lehetőségei:

- gázégőkkel történő elégetés közvetlenül hőtermelésre;
- gázmotorokban való felhasználással villamos és hőenergia termelésre;
- üzemanyagcellás berendezéssel elektromos áramtermelésre;
- tisztítás után a gázszolgáltató felé való értékesítésre.

Petis (2008b) a biogáz felhasználásának módjait három csoportra osztotta:

- közvetlen hőtermelés,
- gázmotorban való felhasználás villamos és hő termelésre,
- közvetlen értékesítés.

A biogáz a felhasználást tekintve a megújuló energiaforrások között igen kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkezik, hatalmas benne az energiapotenciál.

Az előállított gázelegyből lehet kapcsoltan villamos energiát, vagyis zöld áramot, hőt termelni. A keletkezett hőt használhatják terményszárításra, vagy egy hőcserélő segítségével használható hűtésre. Egy másik irány a sűrített biometán, amit az erre kialakított autók, tömegközlekedési eszközök hajtóanyagaként használhatunk fel.

Olsson és Fallde (2015) véleménye szerint a kutatók és szakemberek egyetértenek abban, hogy a biogáz közlekedésben való folyamatos bevezetése csökkentheti az üvegházhatású gázok kibocsátását a légkörbe.

Bai (2002) szerint a biogáz tisztításakor kapott szén-dioxidot fóliák és üvegházak növénykultúráinak szén-dioxid-trágyázására használhatják. Alkalmazása a kultúrnövénytől függően 15–40% termésnövekedést és termés minőségbeli javulást is eredményez.

A biogázból előállítható biometán háttérbe szoríthatja a fosszilis tüzelőanyagokat a szállítmányozási ágazatokban *Budzianowski és Postawa* szerint (2017).

Stockholm város önkormányzata a 2000-es évek óta érdeklődik a biogáz – mint bioüzemanyag – iránt a városi tömegközlekedésben való használatot tekintve (*Zetterman*, 2011).

Olsson és Hjalmarsson (2012) szerint, míg a biológiai szennyvíz tisztítása környezetvédelmi szempont, addig a folyamat által megtermelt és értékesített biogáz profitot indukálhat az üzemek számára. A szennyvíztisztító és biogáz üzem tulajdonosoknak fel kell ismerni az ebben rejlő üzleti lehetőségeket. Stockholm városa a piaci szektorban lévő biogáz üzemekkel termeltetné meg a tömegközlekedés számára felhasználandó bioüzemanyagot.

A biogáz-gyártás során termelődött hő ~20–30%-át a bioreaktorok fűtésére használják. Az ezen kívül megmaradó hőt hasznosíthatják az üzem/telephely fűtésére, de hasznosítható távhő-hálózaton keresztül az üzemtől távolabb elhelyezkedő épületek, lakások fűtésére egyaránt. A legolcsóbb és egyben leggazdaságosabb hasznosítás, ha közvetlenül hőtermelésre használják a biogázt, mivel a teljes értékű gáz tisztítása drága, és a villamos energia előállítása során keletkező hő a legtöbb üzemben nincs hasznosítva, ami miatt csökken a hatásfok (*Petis*, 2008a).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A biogáz-üzemek regionális helyzete az energiatermelésben

Tamás (2015) szerint napjainkban kiemelkedő szerepet tölt be a megújuló energiák hasznosítása, az energiahatékonyság növelése, amiből következik, hogy a helyi energiaforrások fenntartható és környezetbarát hasznosításának kell lenni a kitűzött célnak. A biogáz üzemek nagymértékben hozzájárulnak Magyarország megújuló energiatermeléséhez.

A biogáz üzemek regionális szinten való vizsgálatai során megállapíthatjuk, hogy ott érdemes létesíteni biogáz üzemet, ahol megfelelő mértékben rendelkezésre állnak a felhasználható alapanyagok. Ez logisztikai szempontból fontos tényező, mert az alapanyagok szállítási költségei megnövelik az üzem általános költségeit. A biogáz-termelést tekinthetjük decentralizált energiatermelésnek, mivel nem központosított üzemekben termelődik az energia, hanem lokálisan.

A biogáz előállításához felhasznált alapanyagok szortimentje szabja meg, hogy az adott régióból mennyi hasznosítható hulladék, melléktermék, természetett ipari növény, kommunális iszap kerül feldolgozásra, üzemi hasznosításra. Minél nagyobb számú ezen anyagok felhasználása, annál nagyobb mértékben mentesül a régió a káros, kezeletlen anyagoktól, esetleg olcsóbbá teszi azok kezelését környezetkímélő módon.

Másik fontos tényező, hogy az üzemek túlnyomó többsége vidéken található. Ezt azért fontos megállapítani, mert a decentralizált energiatermelésnek különösképpen nagy munkahelyteremtő, munkahelymegőrző hatása van.

3.2. A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem termelési rendszerének bemutatása

A telephelyek értékelése során a vizsgált telepek T1, T2, T3, T4, T5 és T6 jelöléssel kerültek feltüntetésre. A T5 telephely a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, a többi vizsgált biogáz üzem azonban nem járult hozzá a nevének közléséhez.

A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem (1–2. kép) 2003-ban kezdte meg működését (Juhász et al., 2014). Az üzem két telephelyen helyezkedik el. Az első az állati eredetű hulladékok előkezelő (hőkezelő) üzemrésze, a második a biogáz-előállító és –hasznosító üzem.



1–2. kép: A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem

Forrás: saját fotó

A telephely központi részén található az 1. számú fogadócsarnok (3. kép), a keverőaknák az inputanyagok betáplálásához, a fűtési rendszer, a hat mezofil bioreaktor, az ezekhez hidraulikusan kapcsolt szintén hat termofil bioreaktor, valamint a három zárt utótároló medence.



3. kép: Az 1. számú alapanyag-fogadó csarnok
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

Ezek között helyezkedik el a 2. számú fogadócsarnok (4. kép), ahol a folyékony halmazállapotú inputanyagok fogadását és tárolását végzik, továbbá itt található a transzformátor állomás, a fűtésrendszer nyomásszabályozó tartálya és puffertárolója, ezek hőcserélője, valamint a keringető szivattyúk (5. kép).

Ezek mellett helyezkedik el a külön blokkot képviselő gázhűtő konténer, ahol a gáztisztítók is találhatóak, valamint a gázmérő berendezések, továbbá a két műanyag gázzsák (méretei 2200 nm^3 5–10 mbar túlnyomáson) (6. kép).



4. kép: A 2. számú alapanyag-fogadó csarnok
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó



5. kép: A bioreaktor fűtési rendszere
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó



6. kép: A gázszákok és a gázhűtő berendezés
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

Ez előbb említett egységben helyezkednek el a gázsűrítő berendezések, amelyek ellátják megfelelő nyomású biogázzal a blokk fűtőműveket.

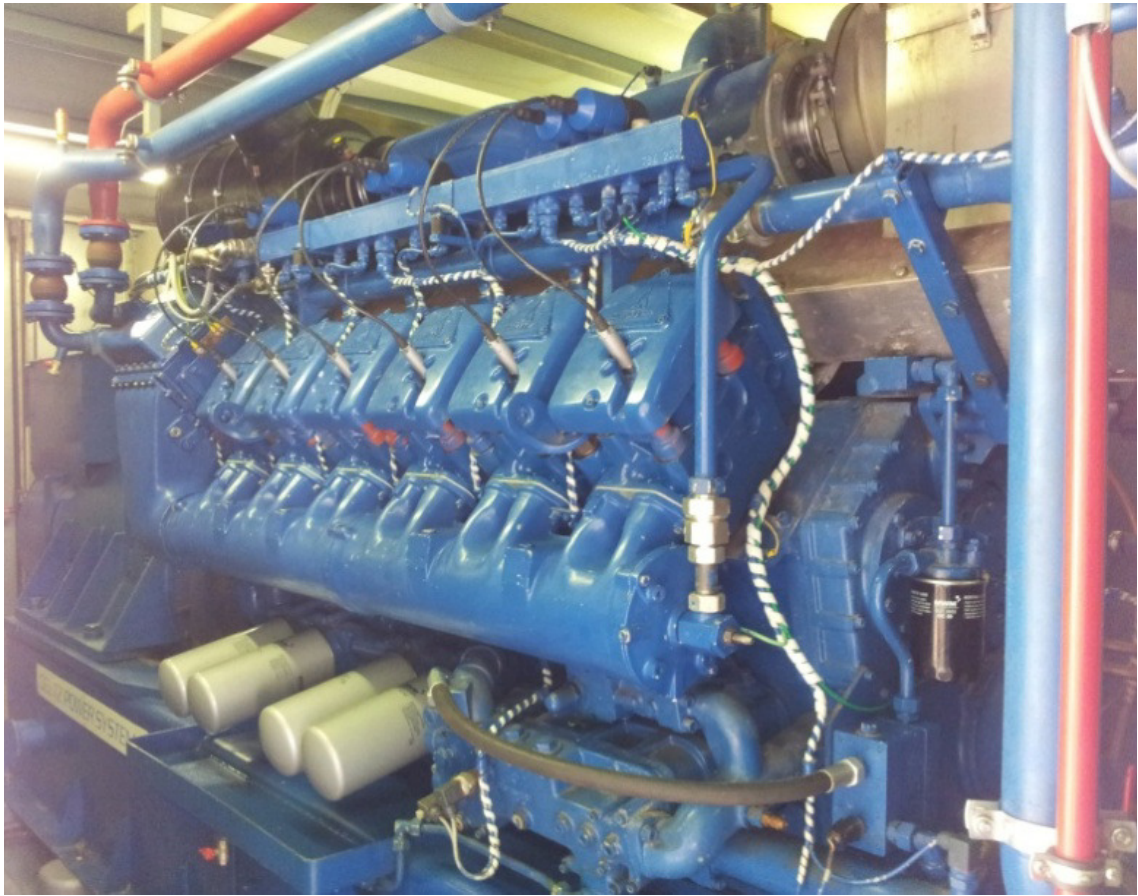
A harmadik blokk az erőmű-egység, ahol acélkonténerekben négy blokkfűtő-erőmű található (7. kép), melyek a biogázt hasznosítják elektromos áram előállítására.



7. kép: A blokkfűtő erőművek konténerekben
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

Itt található a négy darab 12 hengeres gázmotor, melyek összteljesítménye 3500 kW, ezek működése folyamatos energiatermelést tesz lehetővé (8. kép).



8. kép: Az 1. számú biogáz motor
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

A gázmotorok által meghajtott két darab 500 kWh, egy darab 626 kWh, és két darab 944 kWh névleges elektromos teljesítményű szinkrongenerátor által előállított 400 V feszültségű áram mellett, mintegy 4700 kWh meleg víz formájában megjelenő termikus energia is keletkezik.

Kiépítésre került – a téli üzemvitelhez szükséges – növényi alapanyagok tárolására szolgáló 2000 m²-es, vegyszerálló, aszfaltburkolatú tárolótér (9. kép).



9. kép: Falközi silótároló tér (panoráma felvétel)
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

3.2.1. A biogáz termelés folyamata

Az üzemelés eredetileg tervezett technológiája jelentősen módosult az alapanyagok felhasználása terén, így folyamatosan változtak, változnak a receptúrák a legmagasabb gázhozam elérése érdekében. A rendelkezésre álló alapanyag-szortiment alapján a bioreaktorokat aktív térfogatra vetített napi 4,2–4,5 kg/m³ szerves szárazanyaggal táplálják. A laborvizsgálatok átlagértékei vagy a közvetlen bevizsgálás alapján megállapított emészthető szervesanyag-tartalmat és jellemző C/N arányt figyelembe véve kerül kiszámításra a napi recepturát alkotó anyagok mennyisége. A keverőaknába hígító víz kerül, amely vagy szarvasmarha hígtrágya vagy nyers baromfi vágóhídi szennyvíz formájában kerül felhasználásra. Ezek hiányában az utótározókból visszaengedett kiejedt fermentlé a vizes fázis, mellyel 1,5–2,5% hidrolizált szerves anyag is visszakerül a fermentációs folyamatba.

Az 1. számú fogadócsarnok szolgál a szilárd fázisú alapanyagok átmeneti tárolására, innen homlokrakodó emeli be a keverőaknába a szükséges szerves alapanyag mennyiségeket. A betápláláskor egy búvármotoros keverő folyamatosan homogenizálja a keveréket, elősegítve az anyagok hidrolizálódásának megindulását. A csarnok és a keverőaknák légterében keletkező szagterhelést elszívó rendszer továbbítja egy szagtalanító biofilterre, melynek kapacitása 15 000 m³/h. Az alkalmazott szilárd alapanyagok a trágyaalapú alkotókon kívül, melyek gyakorlatilag mindig rendelkezésre állnak, az évszakoknak megfelelően betárolt növényi szecskák, így a nyár elejétől termesztett energianövényként zöld kalászos szecska, energiafű, szudáni fű, cukorcirok, silókukorica, gyomos réti fű adják a puffer tömeget. Ezt egészíti ki a konzervgyárakból érkező növényi hulladék, csemegekukorica, zöldborsó, zöldbab, brokkoli, paradicsom. A téli időszakban vegyes összetételű siló biztosítja a növényi alapanyagot, ennek általános összetevői: silókukorica, csemegekukorica, csuhéj, szem, csővég apríték, gyomos réti széna, szecskázott szalma, terményszárítói hulladék, napraforgós szecska. A magasabb szerves szárazanyag-beltartalmat szükség esetén takarmánybúza, tritikálé, kukorica, napraforgó dara hozzáadásával biztosítják a téli időszakban.

Rendszeresen használnak tejsavót tejipari melléktermékként – mint aktív organikus összetevőt – a szubsztrátum összeállításához, a kémhatás szabályozásához, és az enzimhártartás stabilizálásához.

Van lehetőség naponta szarvasmarha hígtrágyát a szubsztrátumhoz adagolni, mely nagymértékben segíti a bioreaktorokban kialakult baktériumflóra biztonságos fenntartását, kiegyenlítetté teszi a szimbiotikus folyamatokat. A könnyebb kezelhetőség és az aktívabb biológiai részvétel miatt a szarvasmarha tartástechnológia visszamosatásos, hígtrágyás rendszer átalakításával növekszik a szarvasmarha hígtrágya napi mennyisége, mellyel arányosan csökken a költségesebben használható almos istállótrágya használata.

A keverőaknában kerülni kell minden olyan tevékenységet, amelynek hatására felgyorsulnak a biokémiai folyamatok és jelentős gázképződés jön létre. Ezért nem kevernek ko-fermentumokat az aknában lévő alkotókhoz, és a beállított szerves szárazanyag-tartalmú homogénezett szubsztrátumot rövid ideig tárolják csak a keverő aknában (max. 24 óra 25 °C alatti hőfok). Egy keverőaknában összeállított alapanyag 18–20 órás ellátást biztosít a fermentációhoz. A kiürült aknának a feltöltését és a bekeverést azonnal elkezdik. Amennyiben a szubsztrátum készítéséhez az utótározók valamelyikéből visszaengedett fermentlé a hígító anyag, (amely általában 33–36 °C hőmérsékletű) különösen nyári tartós meleg környezet esetén fokozott ellenőrzést kell folytatni a keverőaknák környezetében, illetve csak annyi lehet a leengedett fermentlé, ami nem viszi kritikus hőmérsékletre a szubsztrátumot.

A keverőaknából a szubsztrátumot vertikál szivattyú segítségével 4 óránként juttatják a mezofil bioreaktorokba, 160 mm-es PVC, illetve rozsdamentes acélcső hálózaton keresztül. A folyadék útját pneumatikus szelepekkel vezérik. A szelepek beállítását és a folyadék mennyiséget egy biogáz gépész a központi számítógépről vezérli.

A keverőaknából a szubsztrátum a mezofil bioreaktorokba kerül feladásra, szerves szárazanyag-tartalma 6,2–7,0%. Ezt a szivattyúüzem problémamentesen tudja szállítani, ennek feltétele, hogy a növényi alkotók szemcsemérete ne haladja meg a 2–5 cm-es nagyságot.

A bioreaktor terheléséből még hiányzó szerves szárazanyag a 2. számú fogadócsarnokból kerül az anaerob zónába. Az állati hulladék (*KöM rendelet*, 2001) előkezelő üzembrészből a sterilizált húslevet tartálykocsival szállítják a fogadócsarnokba, és ott két darab 30 m³-es szigetelt tartályban van elhelyezve, ezekben a hőmérséklet

ráfűtéssel biztosított, keverőgépekkel ellátott a homogenitás fenntartására. A négyórás ciklusidőt betartva adagolódik a mezofil bioreaktorokba.

A mezofil és a termofil bioreaktorok között lévő hidraulikus átfolyás miatt (közlekedő edények elve) a mezofil szakaszból a „nyers” szubsztrátum mennyiségének megfelelő térfogatú fermentlé folyik át a vele párban lévő termofil bioreaktorba. Innen ugyanennyi kirothadt fermentlé távozik az utótározó medencébe.

Mivel a húslé C/N aránya 13–15, vagyis széntartalma nem megfelelő a metanizációs folyamatok kielégítő működéséhez, a hiányzó karbonmennyiséget ipari zsírral pótolják (pl. növényolaj ipari maradvány anyagok). A biológiai szennyvíztisztító fölös iszappmennyiségének tárolása a 2. számú fogadócsarnokban elhelyezett tartályokban történik. A csarnok később lett kialakítva, mint az alapüzem, nem automatizált, így az itt folyó műveleteket kézzel végzik. A puffer tárolókból a folyadékokat forgódugattyús szivattyú juttatja a csőhálózaton keresztül a megfelelő bioreaktorba.

Az anyagfeladások idejét úgy választják meg, hogy a bioreaktor nyugalmi időszakában történjen (keverési szünetben) a bejuttatás, így a hidraulikus átfolyás során az alulról távozó folyadék kisebb koncentrációjú szerves anyagot tartalmaz, mint ami a bioreaktor felsőbb szintjein jellemző. Ennek köszönhetően az utó-bioreaktorokból a szerves anyagok kevésbé mosódnak át az utótározókba. Az utótározók nyitott kivitelben készültek, lefedésükkel csökkenthető a környezet szagterhelése.

Fontos a fermentáció hatásfokát a legmagasabb szinten tartani, mert a kikerülő biotrágya el nem bomlott fehérjetartalma jelentősen növeli annak kellemetlen szagát.

3.2.2. Állati eredetű alapanyagok előkészítése

A biogáz-előállításához felhasználható alapanyagok egyik fontos csoportja az állati zsírok és fehérjék. A vágóhidakon és az állattartó telepeken keletkező állati eredetű melléktermékek és hulladékok hasznosítását biogáz-előállításához szigorú állategészségügyi szabályok betartásával lehet végezni. Elsődleges szabályként általános biogáz üzemben a 2–3. kategóriába sorolt állati eredetű anyagokat szabad

felhasználni, előzetes sterilizálást vagy pasztörizálást követően. Ez a szabály szükségessé tette egy hőkezelő üzemszámítógépre létrehozását.

Az üzemszámításra került a szennyezett és tiszta övezeti rendszer, melyekben az anyag mozgása, a visszaszennyeződés esetleg fertőződés veszélye nélkül biztosított. Kritikus pontok lettek meghatározva a technológia folyamatában, melyek folyamatos kontroll alatt állnak, és a zárt rendszerben a paramétereiket számítógép rögzíti. A tehergépkocsin beszállított mellékterméket vagy hulladékot behordó csigával ellátott fogadó aknába ürítik, ahonnan a csiga darálóra továbbítja az anyagot.

A hőkezelés első feltétele, hogy az alapanyag szemcsemérete nem haladhatja meg az 5,0 cm-t. A megdarált anyag felhordó csiga, illetve forgó dugattyús szivattyú segítségével az átlövő tartályba kerül. Itt digitális mérőpapucs méri és rögzíti a hőkezelendő mennyiséget. A főzőüstökbe (dezinfektor) 3–5 bar nyomáson sűrített levegővel továbbítják a megdarált masszát, ahol minimum 3 bar nyomáson legalább 133 °C hőmérséklet tartása mellett 20 perc időtartamig sterilizálják. Innen a forró anyag saját nyomásán „kilövésre” kerül egy tartályba, ahol – elveszítve nyomását – átmeneti tárolásra kerül. A felszabaduló bűzös gőz kondenzátoron áthaladva víztartalmát elveszíti, a levegő pedig egy biofilterre kerül szagtalanításra. A kilövő tartályból kifolyó sterilizált húsléből egy lépcsős szűrő leválasztja a 6 mm-nél nagyobb szilárd részeket (elsősorban csont), majd a lé a készáru tartályokba kerül átszivattyúzva, ahol az apróbb szilárd részek a tartály aljára ülepednek.

Biogáz üzemi felhasználásra zárt rendszerű lefejtés mellett tartálykocsi szállítja el a sterilizált húslévet. A leválasztott szilárd részek további kezelésre komposztáló üzembe kerülnek. Az üzemből két fogadóvonal, két darálóval és három dezinfektorral van biztosítva az anyagok időbeni hőkezelése. A teljes folyamat számítógépen van rögzítve a nyomkövetési előírások teljesítésére. A szállítást végző járművek és szállítókonténerek mosását és fertőtlenítését a fogadócsarnokban végzik, majd keretfertőtlenítőn áthaladva távoznak a tiszta övezeti parkolóba. Az üzemszámítás átlagosan 20 000–25 000 tonna anyag hőkezelését végzi el évente.

3.2.3. Anaerob fermentáció

A feladást követően beindulnak a búvármotoros keverők és homogenizálják a szubsztrátumot, ami a fermentáció hatásfokának fontos feltétele. Előfordulhat, hogy a mezofil bioreaktorokban lévő szilárd alapanyag alkotó elemeinek egy része, pl. szalmaszeccska, siló, zsír és olaj tartalmú részecskék fajsúlykülönbségéből adódóan kialakulhat vastagabb (0,5–1,0 m) úszóréteg, ezért naponta ellenőrizni kell a bioreaktorok folyadék szintjének felületét, és szükség szerint az úszó réteget a keverőgépek mozgatásával, a keverés irányának módosításával meg kell szüntetni.

A rendszeres keverést számítógépes program szabályozza, melyen lehetőség van változtatni a keverők működési idejét. A működés során gyűjtött tapasztalatok alapján került beállításra a rendszer és jelenleg 30 percenként 5 perc időtartalommal működnek a keverőgépek. Ez elegendő a szükséges keveredéshez és energiatakarékos üzemmód. Az eseti keverési feladatok elvégzéséhez a rendszer bármikor átállítható. Az átfolyó csövek függőleges szakaszain gyakran fordul elő, hogy a szálas és fajsúlyát tekintve könnyű összetevők pl. szalma, siló darabok felúszásából dugók keletkeznek. Ezek megakadályozzák a folyadék üzemszerű átfolyását. Ennek megoldására ún. havária vezetékek lettek kiépítve (PVC 315 mm), melyek a közműfolyosón beépített szivattyúk segítségével képesek a kialakult anyagdugókat átmozdítani. A folyadék irányát kézi működtetésű 300-as tolózárak szabályozzák. A bioreaktorok hőmérsékletének szinten tartása a blokkfűtő művekben keletkező meleg víz egy részének felhasználásával biztosított (10. kép).

A mezofil bioreaktorokban 38 °C-ot, míg a termofil bioreaktorokban 55 °C-ot állít be automatikusan a fűtésvezérlés (11. kép). A mezofil rothasztó térben padló- és falfűtés, a termofil bioreaktorokban falfűtés található. A 12. kép mutatja a bioreaktorok fűtésrendszerének becsatlakozási pontjait.



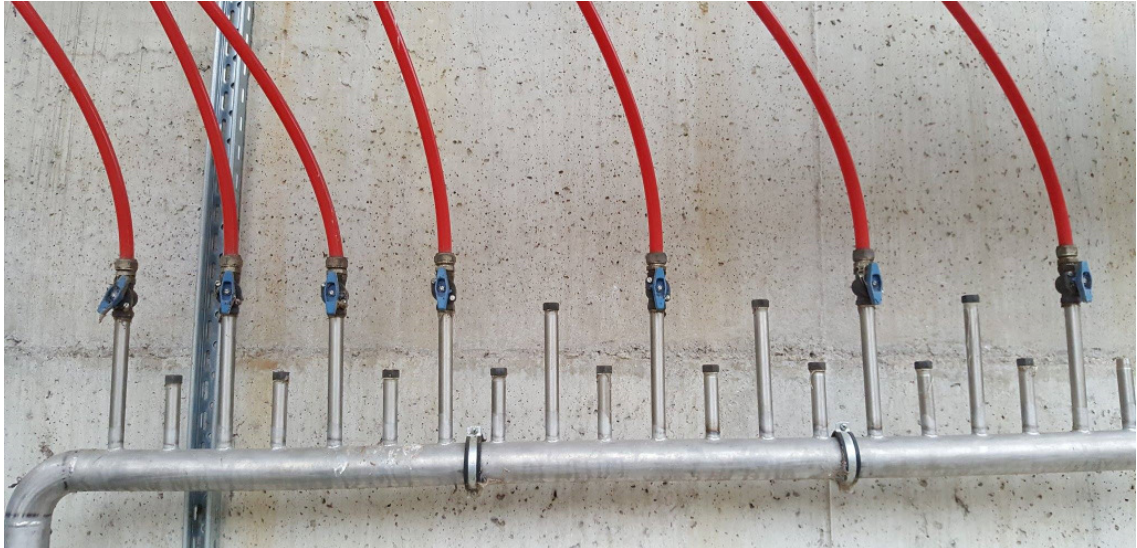
10. kép: A bioreaktorok fűtésrendszerének 2. számú hőmérsékletmérő egysége
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó



11. kép: A bioreaktorok automatikus fűtésvezérlése
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó



12. kép: A bioreaktorok automatikus fűtésvezérlése
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

A termofil bioreaktorokból kifolyó kiejedt fermentlé (biotrágya) szerves szárazanyag-tartalma 1,3–2,8%, melyhez a korábbi években 0,5–1,3% szervesetlen szárazanyag kapcsolódott. A technológia finomítása, az alapanyagok gondosabb megválasztása és kezelése során elérték, hogy a szervesetlen anyagok a kimenő anyagban rendszeresen 0,8% alatt maradnak. Ez fontos eredmény, mert az üledék képződése a keverőaknában és a bioreaktorokban jelentősen csökkent, a kimenő biotrágyában az arányuk számottevően kevesebb lett. Ez lehetővé tette, hogy a biotrágya szeparálása során, ahol a 0,6 mm-nél nagyobb részecskék leválasztásra kerülnek, olyan organikus anyag marad vissza, amely kevés szennyező anyagot tartalmazó, magas C/N arányú biomassza.

A bioreaktorokban a folyamatos hőmérséklet és kémhatás figyelésére szondák lettek beépítve, melyek által mért értékek a központi számítógépen online ellenőrizhetők (13. kép). Az anaerob fermentáció lefolyásának figyelemmel kísérését segíti a gázanalizáló berendezés, amely minden bioreaktorból gázmintát vesz, és az abból mért adatokat láthatóvá teszi. Méri a metán, a szén-dioxid és az oxigén térfogatszázalékát, valamint a kénhidrogén és az ammónia töménységét a keletkező biogázban.



13. kép: Az online folyamatjelző tábla
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

3.2.4. Gázszakasz és kéntelenítés

A bioreaktorokban zajló biokémiai folyamatok hatására keletkező biogáz a bioreaktorok felső 0,8 méter magasságú gázdifúzió ellen védett terében helyezkedik el. A biogáz üzemben előállított biogázra jellemző, hogy az általánosságban megfogalmazható mutatószámok tekintetében a kedvező és a kedvezőtlen paraméterek tekintetében is egyedi. A metántartalom ingadozása kismértékű, 60–63 tf% közötti, vagyis jó megbízhatósággal tervezhető a fűtőérték, illetve az előállítható elektromos és termikus energia mennyisége.

A sok pozitív tényező mellett kedvezőtlen hatású az állati eredetű hulladékok hasznosítása, felhasználása a gáz minőségében, mert a fehérjékben lévő kéntartalom a gázban magas kénhidrogén-szintet eredményez. A gáz kéntelenítését a bioreaktorokba beadagolt, a gáz analízátorok által mért kénhidrogén töménységnek megfelelő mennyiségű levegő befúvásával aktivizált, kénbaktériumok végzik. Ezek munkája során az elemi kén kicsapódik a bioreaktor gázterében. A rendszer hátránya, hogy a bioreaktorba csak a robbanás határérték alsó szintjét meg nem haladó mennyiségű oxigén juttatható be, valamint a rothasztáshoz anaerob körülményeket kell biztosítani a

bioreaktorokban. A biogáz üzemben a kéntelenítési gondot az előzetesen kalkulált biogáz-hozamhoz beállított rendszer okozza, amely a jelenleg termelt biogáz-mennyiség (tervezetthez képest lényegesen több) megfelelő szintű kéntelenítését nem minden esetben tudja biztosítani. További gond a levegős kéntelenítés miatt, hogy a folyamat nem csak a bioreaktorokban történik, hanem az elvezető csőrendszerben is, ahol jelentős kénkirakódás történik a csőfalakon. Ennek eltávolítása rendkívül bonyolult.

A bioreaktorokban létrejövő 6–10 mbar túlnyomású nedves biogáz közös gyűjtővezetékre kerül. A nedvesség egy része a gázvezető csőrendszeren kondenzálódik és a csövek esésének megfelelően egy alsó vízgyűjtőbe kerül. A gázban maradt vízpára a gázhűtő berendezés által biztosított +4 °C-os hőmérsékleten csapódik ki. A biogáz gyakorlatilag szárazon kerül a gáztároló ballonokba. A gáztárolóban lévő gázmennyiséget a diszpécserközpontban folyamatosan kontrollált.

A biogáz végső felhasználási pontjához, a blokkfűtő egységhez gázsűrítők segítségével jut el, melyek biztosítják, hogy a gázmotoroknál legalább 60 mbar nyomás legyen a gázosztó után.

A sűrítők és a gázmotorok közé gázfáklya lett beépítve az esetleges nem tárolható többletgáz elfaklyázására (14. kép). Ennek kapacitása 300 nm³/h.

3.2.5. A biotrágya útja

Az utótárolókba kikerülő kirothasztott fermentlé csigás szeparátorokon halad át, ahol leválasztódnak a 0,6 mm-nél nagyobb szilárd részecskék (15. kép).

Ennek jelentős hányadát a cellulózvázakból megmaradt rostok, valamint az azon megtapadó ki nem erjedt fehérjemaradvány, elhalt baktériumok tömege alkotja. A folyamatba bekerülő szerves anyagok nagyobb frakciójú részei is a szeparátumba kerülnek. Ez a szilárd anyag 25–35% közötti szárazanyag-tartalmú steril közeg. Felhasználható a biogáz üzemben további fermentációhoz bázisként, almozásra, komposztkészítéshez, vagy közvetlen szántóföldi trágyázásra.



14. kép: Gázfáklya

(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó



15. kép: Szeparátor-állomás

(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: saját fotó

A bioreaktorokból távozó fermentálódott biotrágya szeparálásra kerül (Csatári *et al.*, 2014). A szeparátorból kikerülő vizes fázisú biotrágya átmenetileg a 4. számú utótározóba kerül (Balla *et al.*, 2014).

Innen a szivattyúállomás forgódugattyús gépei vagy közvetlenül a termőföld öntözését végző öntöződobokhoz, vagy nyolc darab 10 000 m³ befogadó képességű (földmedrű gumifóliával bélelt) tárolótartályba juttatja az anyagot. Ez a megfelelő öntözési időpontban innen kerül kiöntözésre.

A tapasztalatok és a lefolytatott többéves öntözési-növénytermesztési kísérletek bizonyítják, hogy ez az anyag rendkívül jól hasznosul, jelentős nitrogénbázis, arányosan tartalmazza a káliumot és a foszfort is. Enzimatikus hatása révén könnyen felvehetővé teszi a növénykultúra számára akár lombtrágyaként is.

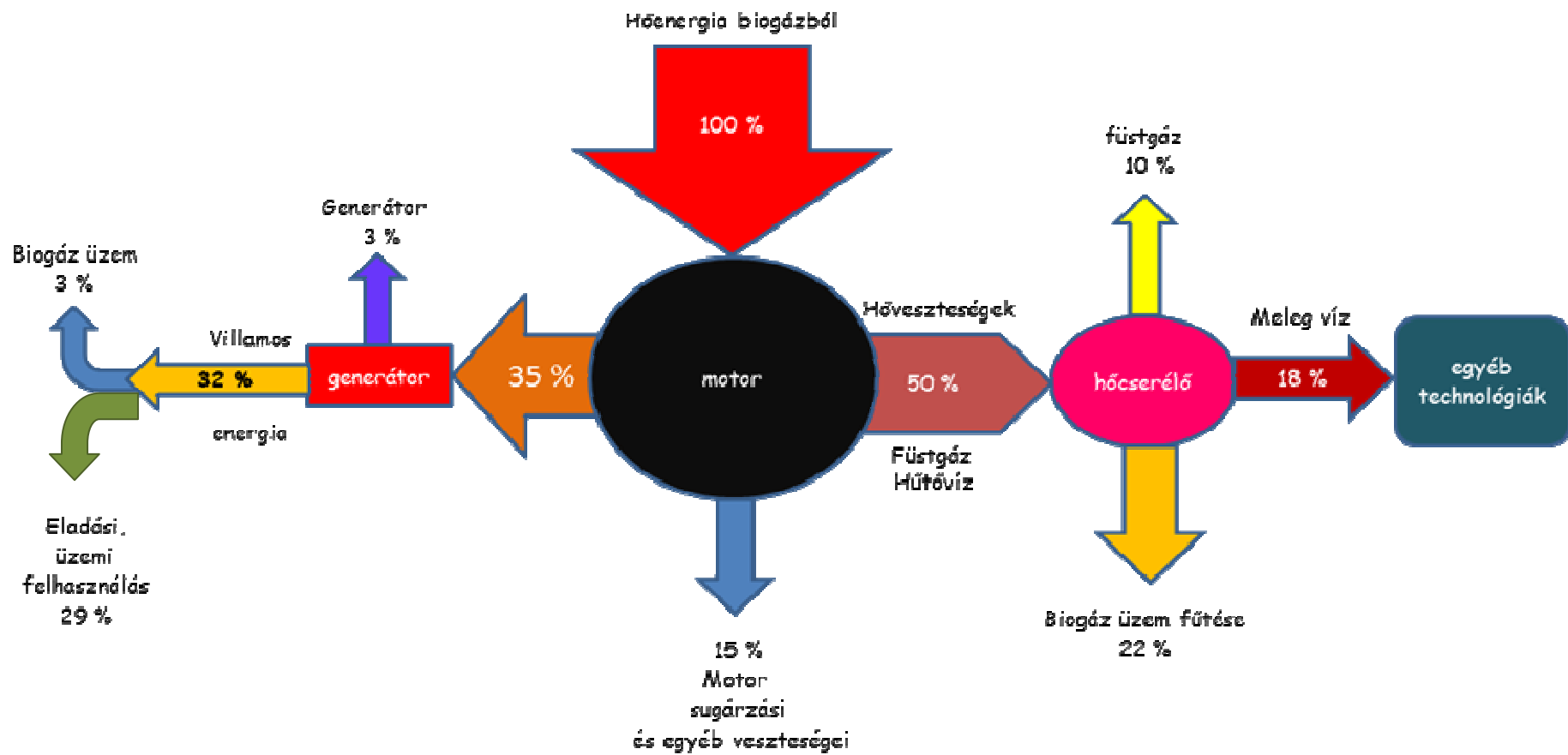
3.2.6. A biogáz hasznosítása

A megtermelt biogázt jelenleg négy blokk fűtőműben hasznosítják. Az egységekben működő, biogáz motorokkal hajtott szinkron generátorok által termelt áram egy részét (az igényeknek megfelelő mennyiségben) közvetlenül felhasználják a biogáz üzem működtetésére. A többi áram bekerül a transzformátor terembe, és a kapcsolórendszeren át kitáplálásra kerül a külső magasfeszültségű hálózatra. Egy generátor a Baromfi Vágóhíd transzformátorát látja el, ahonnan a környező telephelyek saját hálózaton át kapják a villamos energiát (12. ábra).

A gázmotorok hűtése során keletkező nagy mennyiségű 92–110 °C-os meleg víz felhasználása eddig kis mértékben valósult meg. A bioreaktorok fűtéséhez használt és a baromfi feldolgozó üzemnek átadható hőmennyiség az éves összesen keletkező hőenergia 30%-át nem haladja meg. Ez nem csak az elvesztett hőértékét jelenti, hanem a kényszerhűtésre fordított elektromos energia értékének elvesztését is.

Nehéz megtalálni a technológiai összhangot a folyamatosan működő és meleg vizet folyamatosan előállító erőmű, valamint a szakaszos, ciklikus elvételt igénylő hőhasznosítási pontok között. A gázmotorok megfelelő hő elvétel nélkül automatikusan

leállnak. Különböző anyagok szárításához, besűritéséhez alkalmas a kijövő víz hőmérséklete, így ez a hasznosítási forma alternatívát kínál a jövőben. Jelenleg a téli fűtési időszakban a teljes központi telep hőellátását innen biztosítják. A biogáz energiatartalmának elektromos energiává történő átalakítása magas költségszintű folyamat, a blokk fűtőmű beruházás magas költségszintjén túl a rendszer üzemviteli költségigénye is magas. A keletkező hőenergia minél nagyobb arányú hasznosításával, így az összesített hatásfok emelésével kell az áramtermelés ráfordításait optimalizálni.



11. ábra: A teljes energiaforgalmi mérleg
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Forrás: Petis (2007) alapján saját szerkesztés

3.3. Vizsgálati és statisztikai módszerek

A statisztikai vizsgálatot, valamint az interakció grafikonok elkészítését R 3.2.4. statisztikai környezetben (*R Core Team, 2016*) RStudio (*RStudio Team, 2016*), "agricolae" (*de Mendiburu, 2016*) csomagok felhasználásával végeztem.

Statisztikai módszer: a biogáz-termelés során előforduló sok biológiai, környezeti és humán tényező miatt az elsőfajú hibát 10%-nak ($\alpha=0,1$) választottam. Három vizsgált év átlagában vizsgáltam a biogáz hozamokat és a villamos energia termelést variancia-analízissel, aminek példa R kódja:

```
modell=aov(formula = kihozatal ~ időtényező, data = adatbázis )
summary(modell)
anova(modell)
```

A biogáz-hozam hatását villamos energia termelésre általános lineáris modellel (glm) vizsgáltam *Huzsvai (2012)* alapján, melynek R kódja:

```
modell<-with(adatbázis, lm(biogáz~villamos áram))
summary(modell)
anova(modell)
```

A felhasznált alapanyagok mennyiségének hatását a dolgozói létszámra általános lineáris modellel (glm) vizsgáltam *Huzsvai (2012)* alapján, melynek R kódja:

```
modell<-with(adatbázis, lm(létszám~darab))
summary(modell)
anova(modell)
```

Kutatásaim során hat darab mélyinterjút készítettem biogáz üzemek vezetőivel. A mélyinterjú a kvalitatív adatgyűjtésre alkalmazható eljárás. A személyes megkérdezés során mélységi információkhoz juthat a kérdező, amely alkalmat kínál a rendszerek és összefüggések megértéséhez (*Wyss, 1991*). Az interjú időtartama körülbelül egy órát vett igénybe.

Kutatásaim kezdetén készítettem egy listát a Magyarországon működő biogáz üzemekről.

Ezután a témavezetőm ajánlásával levélben felvettem a kapcsolatot az összes biogáz üzem vezetőjével.

Hat darab biogáz üzem reagált érdemben a megkeresésemre.

A kapcsolatfelvétel után személyes helyszíni felmérést végeztem az adott telepeken.

A SWOT analízis fontos ismertetője, hogy míg az első két terület, vagyis az erősségek és gyengeségek a cég belső tulajdonságaira világítanak rá, addig a következő kettő, a lehetőségek és a veszélyek a céget körülvevő környezetet vizsgálják *Chikán* (1997).

A dolgozatban az általam vizsgált biogáz üzemek jellemzőit SWOT-analízis segítségével ábrázolom.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A biogáz üzemekben begyűjtött adatok eredményei

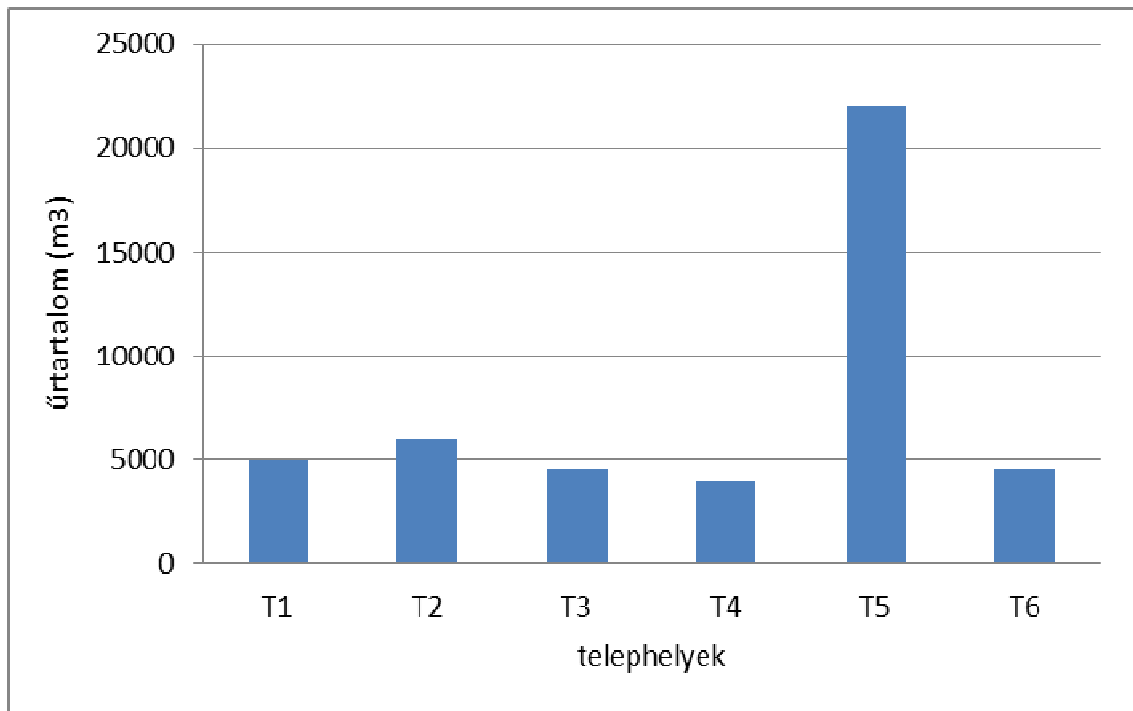
A 8. táblázatban foglaltam össze a telephelyeken lévő bioreaktorok főbb paramétereit. A T5 kivételével minden esetben mezofil bioreaktorok vannak a rendszerbe kapcsolva. A T5 esetében megtalálható a mezofil és a termofil technológia is. Ez a reaktorok méreteiben is megfigyelhető. Látható a reaktorok működési hőmérséklete, amelyből következtetni lehet az alkalmazott technológia fajtájára. A T5 esetében megfigyelhető a többi teleppel ellentétben a tény, hogy sokkal rövidebb a fermentációs idő. Ez a kettős technológia alkalmazásának egyik előnye. A másik előny a folyamatos ki és beáramlás a bioreaktorok és utófermentorok között.

8. táblázat: A vizsgált telephelyek bioreaktorainak jellemzői

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bioreaktorok hőmérséklete (°C)	42	38	38	40	38/55	38
Erjedési idő (nap)	40	30	38	45	28	30
Bioreaktorok méretei (m ³)	5000	6000	4500	4000	22000	4500
Bioreaktorok száma (db)	4	6	5	2	8+8	3
Bioreaktorok fajtái	mezofil	mezofil	mezofil	mezofil	mezofil és termofil	mezofil

Forrás: saját szerkesztés

A 20. ábrán látható a vizsgált telephelyek bioreaktorainak méretei. A bioreaktorok méretei jellemzik a biogáz üzem működési volumenét. A T5 telephely méreteiből következik, hogy itt termelődik a legtöbb mennyiségű biogáz. A T1, T2, T3, T4 és a T6 méretei megközelítőleg egyforma nagyságrendűek.



20. ábra: A vizsgált telephelyeken található bioreaktorok méretei

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált biogáz üzemek eltérő méretűek, amelyek telephelyei az Észak-alföldi régióban helyezkednek el. A 9. táblázatban láthatóak a vizsgált biogáz üzemekben található gázmotorok általános jellemzői. Kiemelkedő teljesítmény látható a T5 esetében, ebből is következik, hogy ez az üzem a régió legnagyobb biogáz üzeme. A táblázat alapján megállapítható, hogy a vizsgált üzemek működésüket tekintve eltérő méretűek. A gázmotorok működését tekintve eltérés látható a 6 darab telephely viszonylatában. A T1 telephelyen a gázmotor szakaszos üzemelésre van programozva, míg a T2 esetében a gázmotorok változó intervallumban működnek. Ebből következik, hogy a villamos energia termelés nem folyamatos a két telephely esetében. A T3, T4, T5, T6 üzemben a villamos energia termelés folyamatos üzemben történik.

A legnagyobb teljesítmény a T5 esetében látható a vizsgált telephelyeket összehasonlítva. Itt négy darab gázmotor és hozzá tartozó generátor üzemel. A legkisebb teljesítménnyel a T4 telephely rendelkezik, ahol 500 kW a gázmotor teljesítménye.

9. táblázat: Vizsgált telephelyek gázmotorjainak paraméterei

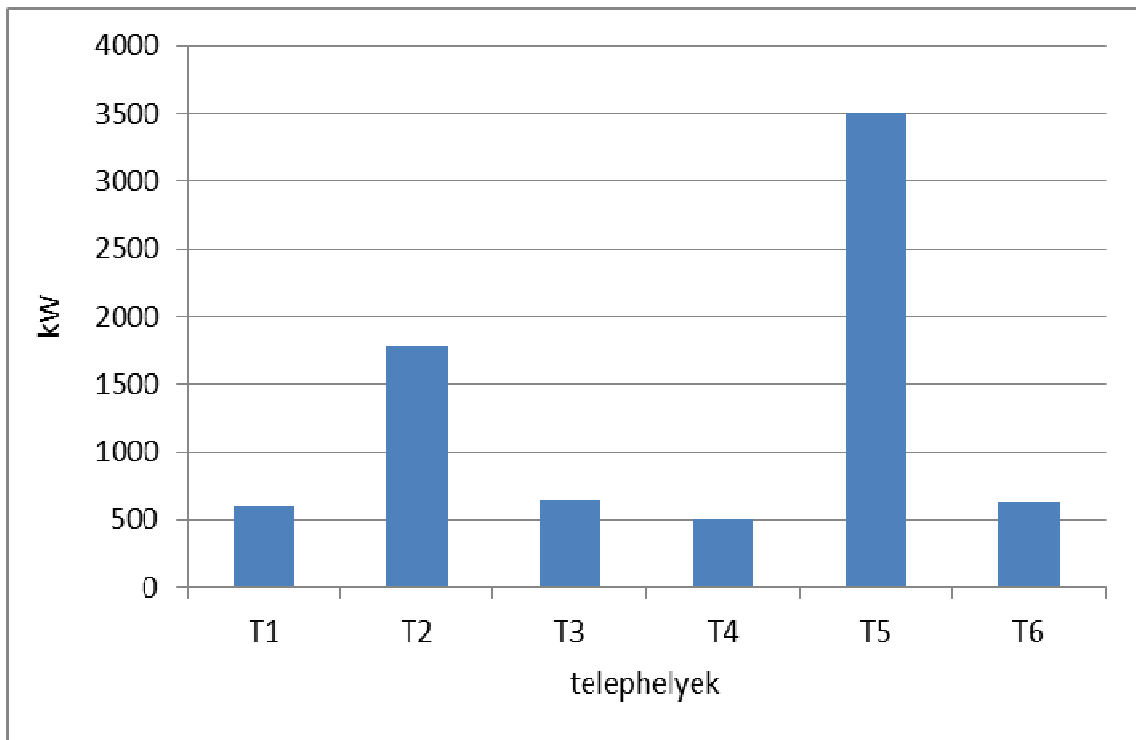
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Teljesítmény (kW)	600	1780	650	500	3500	637
Gázmotorok jellemzői	12 hengeres	12/16 hengeres	12 hengeres	12 hengeres	12 hengeres	12 hengeres
Gázmotorok száma (db)	1	2	1	1	4	1
Gázmotorok működésének ütemezése	szakaszos	változó	folyamatos	szakaszos	folyamatos	folyamatos

Forrás: saját szerkesztés

A 21. ábrán láthatóak a telephelyek gázmotorjainak teljesítményei. A telephelyek között a T5 és a T2 esetében látható eltérés a teljesítmény tekintetében. A Nyírbátori Regionális Biogáz üzem a 3500 kW teljesítményével kiemelkedik a sorból, itt termelik a legtöbb villamos energiát.

Az általam vizsgált biogáz üzemekben begyűjtött adatok alapján (10. táblázat) ábrázoltam grafikusán a telephelyek havi biogáz termelését és havi villamos energia termelését (22–23. ábra), majd ezeket az adatokat – a könnyebb összehasonlítás érdekében – egy ábrán is megjelenítettem (24. ábra).

A 25. ábrán grafikusán ábrázoltam a vizsgált telephelyeken kialakított gázzsákok méreteit. Azok méreteiből következtetni lehet a megtermelt biogáz mennyiségére. A gáztárolók méretei a biogáz üzemek gáztermeléséhez lettek megtervezve specifikusan. Fontos jellemző a gázzsákok megfelelő burkolata, anyaga, és azok tartóssága.



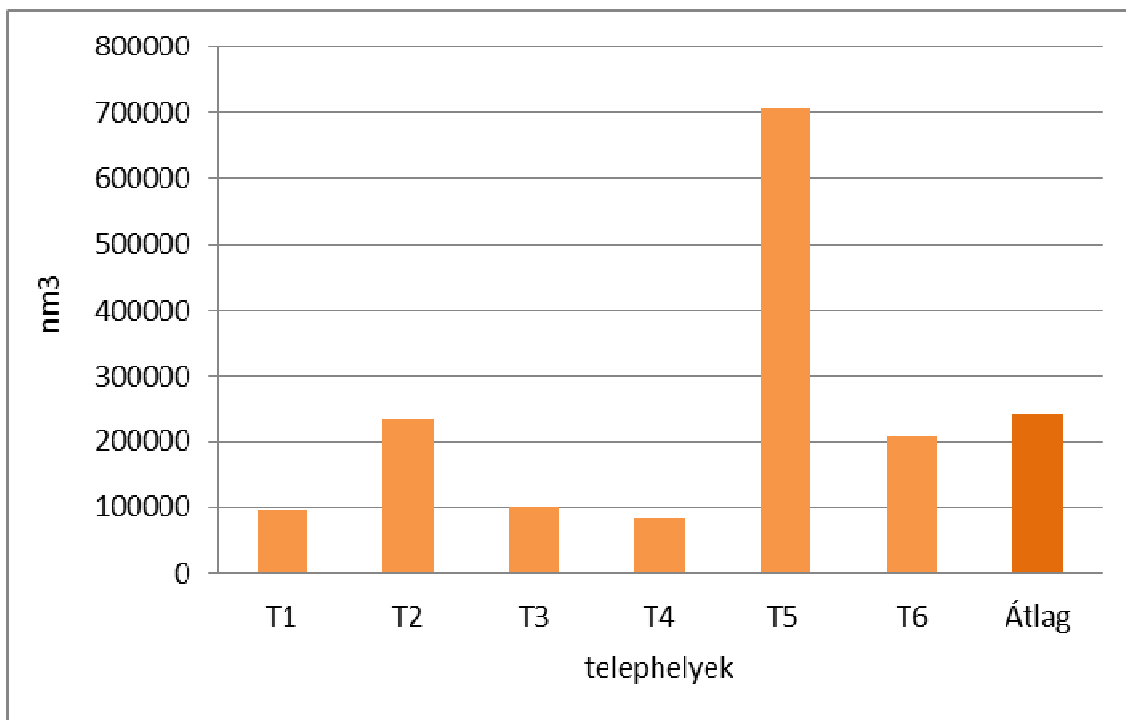
21. ábra: A vizsgált telephelyeken működő gázmotorok teljesítménye (kW)

Forrás: saját szerkesztés

10. táblázat: A vizsgált telephelyek havi villamos energia és biogáz termelése

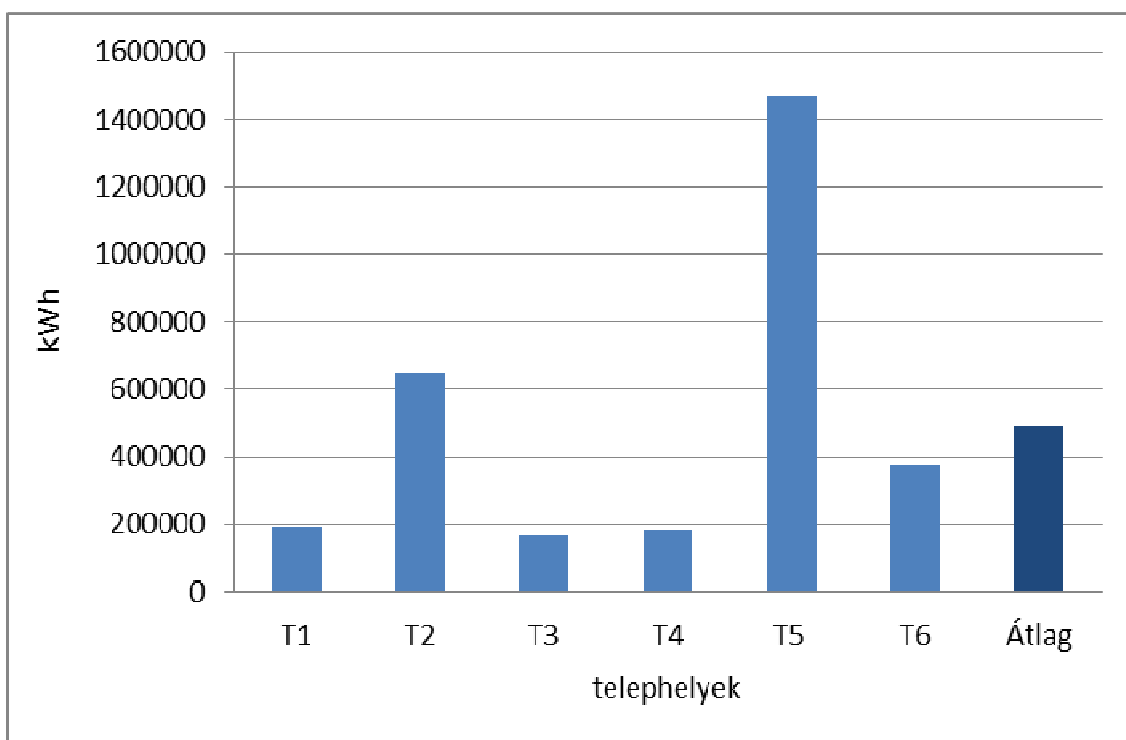
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Átlag
Havi villamos energiatermelés (kWh)	192000	645000	167000	181000	1466773	375000	490550
Havi biogáz termelés (nm ³)	97000	234000	101000	85000	705719	208300	242300

Forrás: saját szerkesztés



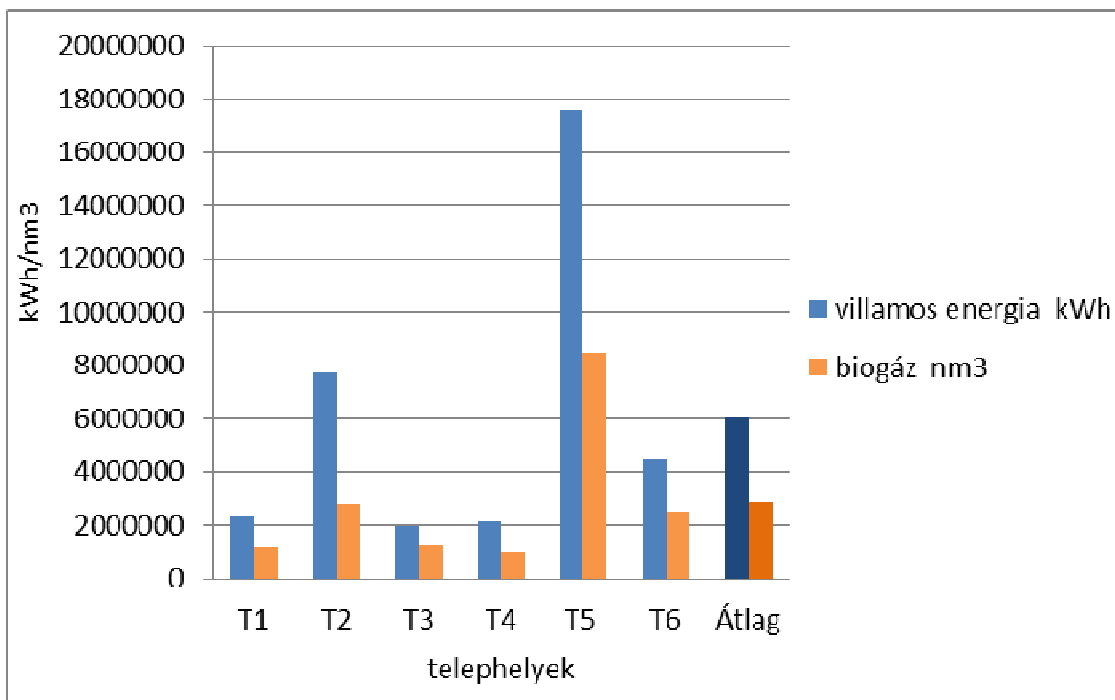
22. ábra: A vizsgált telephelyek havi biogáz termelése (nm³)

Forrás: saját szerkesztés



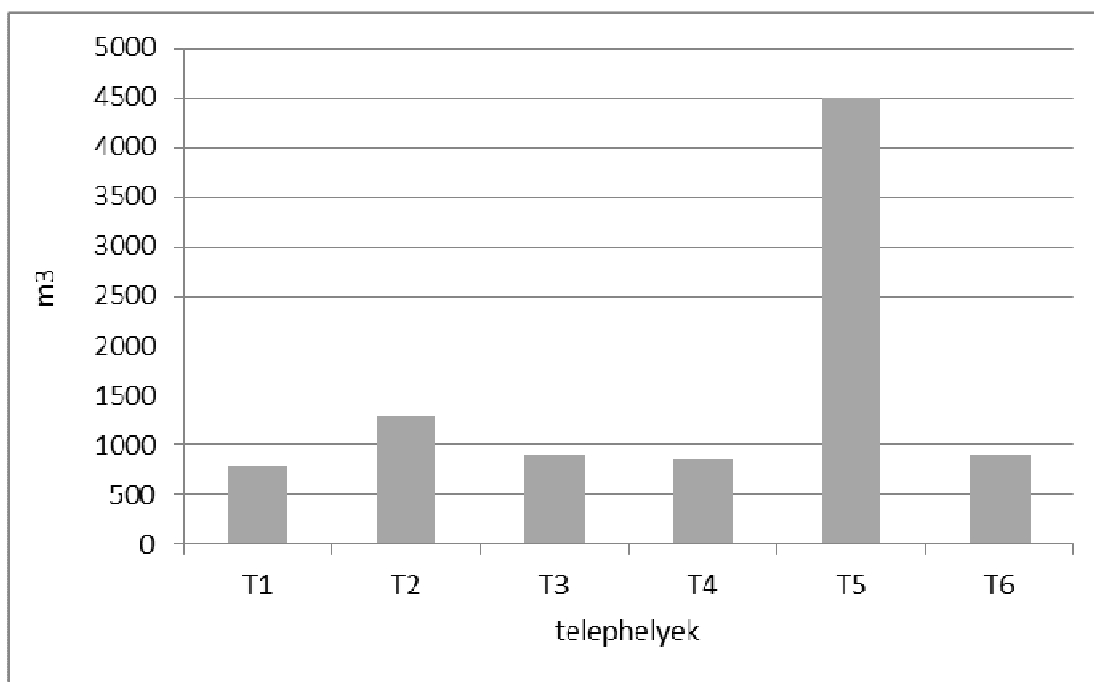
23. ábra: A vizsgált telephelyek havi villamos energia termelése (kWh)

Forrás: saját szerkesztés



24. ábra: A vizsgált telephelyek éves villamos energia és biogáz termelése (kWh, nm³)

Forrás: saját szerkesztés



25. ábra: A vizsgált telephelyeken termelt biogáz átmeneti tárolására szolgáló gázszákok mérete (m³)

Forrás: saját szerkesztés

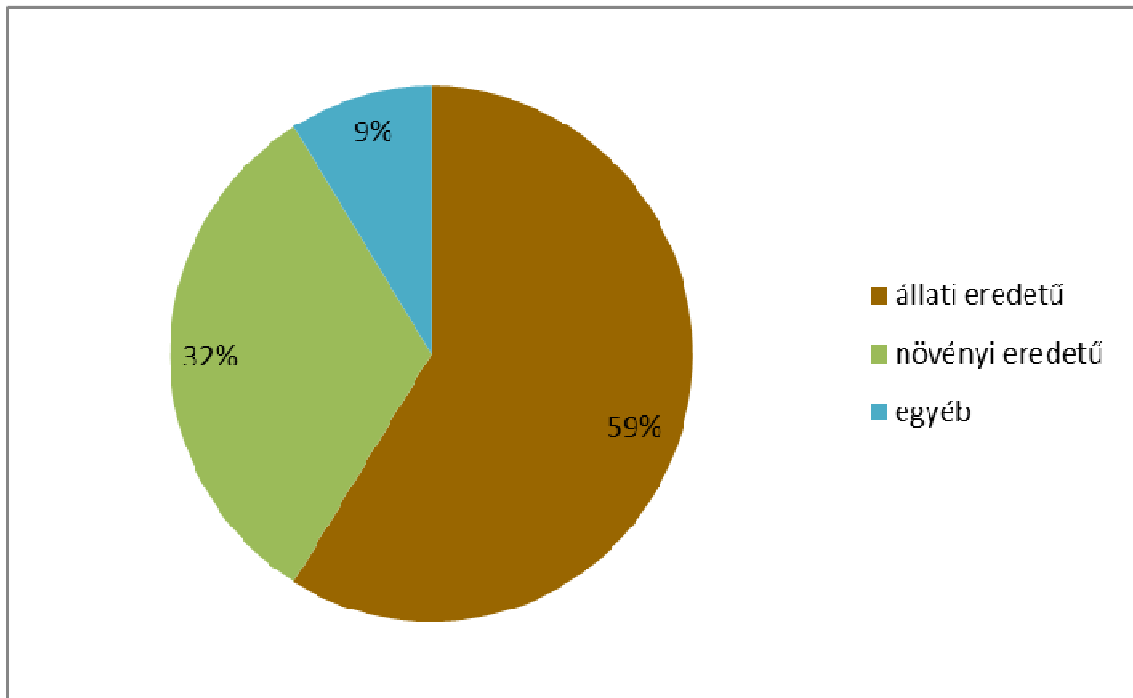
A 11. táblázatban foglaltam össze a vizsgált biogáz üzemekben felhasznált alapanyagok fajtáit. Színenként elkülönítettem az állati (barna) és a növényi (zöld) eredetű, valamint az egyéb (kék) alapanyag-fajtákat.

11. táblázat: A vizsgált telephelyeken felhasznált alapanyagok fajtái (2016)

Felhasznált alapanyagok fajtái	Telephelyek					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Szarvasmarha hígtrágya	+	+	+	+	+	+
Sertés hígtrágya	-	+	-	+	+	+
Almos trágya	+	-	-	-	-	-
Állati melléktermék	-	-	+	-	+	-
Vágóhídi sterilizált húspép	-	+	-	-	-	-
Vágóhídi húsnyesedék	-	-	-	-	+	-
Vágóhídi húslé	-	-	-	-	+	-
Tejsavó-koncentrátum	-	-	-	-	+	+
Sajtgyári melléktermék	-	-	-	-	-	+
Baromfi toll	-	-	-	-	+	-
Siló kukorica	+	+	-	+	+	+
Cukorcirok siló	+	-	-	-	-	-
Vinasz	-	+	-	-	-	-
Kukorica csuhéj	+	-	-	-	-	-
Kukorica törköly	-	+	-	-	-	-
Cukorrépa nyesedék	-	-	+	+	-	-
Fűszecska	-	-	-	-	+	-
Szennyvíz-iszap	-	-	-	-	+	-
Lejárt szavatosságú élelmiszerek	-	+	-	-	+	-

Forrás: saját szerkesztés

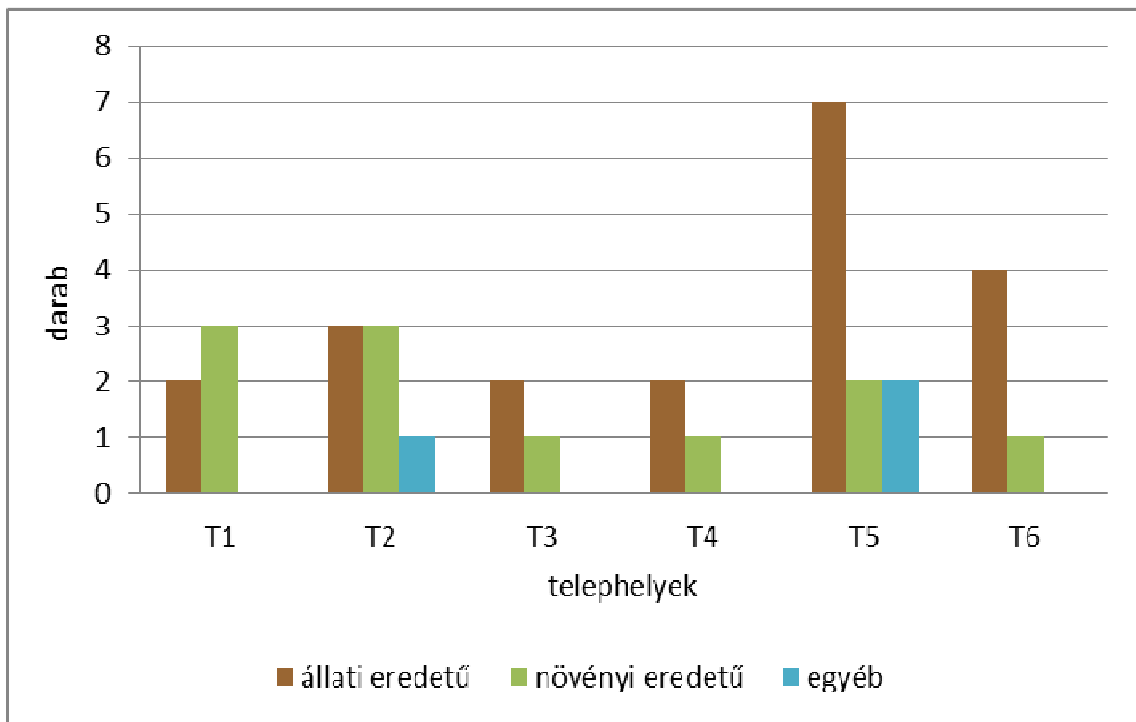
A vizsgált telephelyeken felhasznált alapanyagok megoszlásának arányát a 26. ábra mutatja. Ebből kitűnik, hogy az állati eredetű alapanyagok vannak túlsúlyban – közel kétharmad arányban – a növényi eredetű (32%) és az egyéb (9%) alapanyag-fajtákhoz képest.



26. ábra: A vizsgált telephelyeken felhasznált alapanyagok megoszlásának aránya
 Forrás: saját szerkesztés

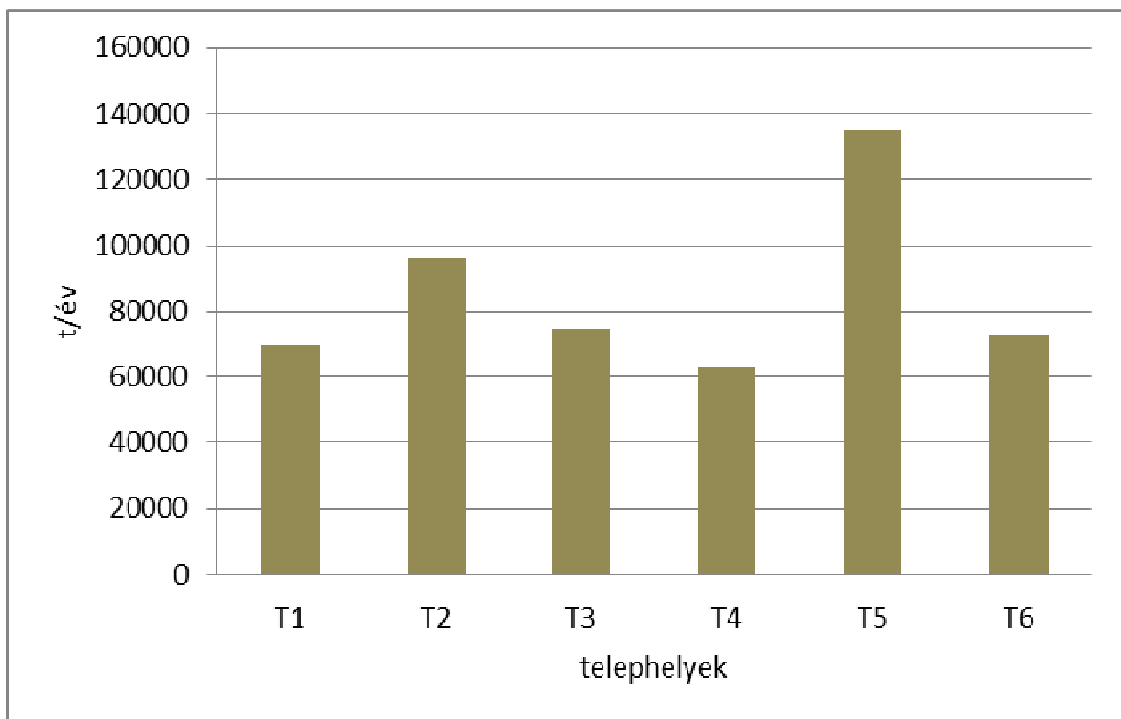
A felhasznált alapanyagok eredet szerinti megoszlása a 27. ábrán látható a vizsgált telephelyek szerint. Állati és növényi eredetű alapanyagot minden vizsgált telephely használ, egyéb alapanyagot (szennyvíz-iszap, lejárt szavatosságú élelmiszer) azonban csak a T2-es és T5-ös telephelyen dolgoznak fel. A felhasznált alapanyagok megoszlásának arányát – így az állati eredetű alapanyag-felhasználás túlsúlyát – igazolja a telephely szerinti megoszlás vizsgálata is, miszerint a vizsgált hat telephely közül ötben szintén az állati eredetű alapanyag-felhasználás dominál.

A 28. ábrán grafikusán ábrázoltam a telephelyeken felhasznált alapanyagok mennyiségét éves szinten. A legkevesebb alapanyagot a T4 telephely használja fel a működéséhez, míg a legtöbbet a T5 használja éves szinten. A T4 esetében a biogáz termelés szakaszosan történik napi 14 órában. A T1, T3, T6 megközelítőleg hasonló alapanyag mennyiséggel dolgozik évente, viszont eltérő fajtájúak az alapanyagok.



27. ábra: A felhasznált alapanyagok eredet szerinti megoszlása a vizsgált telephelyeken

Forrás: saját szerkesztés



28. ábra: Felhasznált alapanyagok mennyisége

Forrás: saját szerkesztés

A 12. táblázatban foglaltam össze a vizsgált telephelyekhez tartozó állattenyésztési ágazatokat és az ehhez tartozó állatlétszámokat. Közös jellemző, hogy minden telephely esetében jelen van mint kapcsolódó üzletág a szarvasmarha tenyésztés. A biogáz előállításban fő alapanyag bázist jelent az innen származó szarvasmarha hígtrágya. A T5 kivételével minden esetben megtalálható a sertésenyésztésből származó trágya mint felhasználható alapanyag. A T5 telephely viszonylatában a szarvasmarha tenyésztés mellett a baromfitenyésztési ágazat található meg.

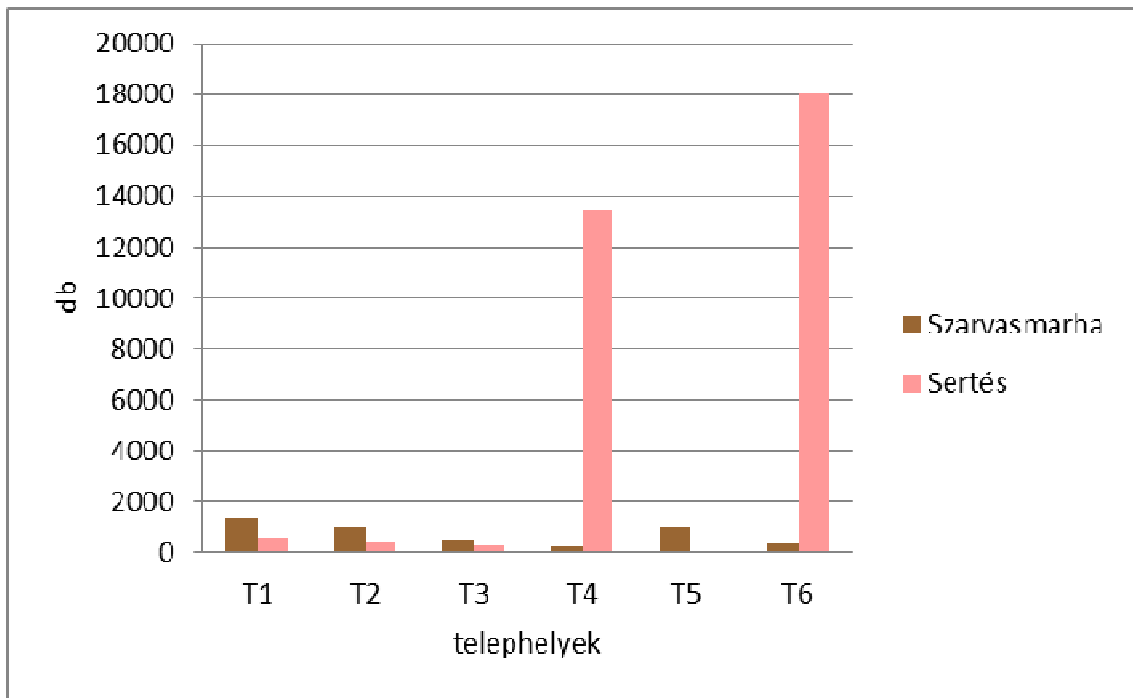
12. táblázat: A vizsgált telephelyekhez kapcsolódó állatlétszámok

Állat létszám (db)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Szarvasmarha	1350	1000	450	210	1000	350
Sertés	500	410	270	13500	0	18000
Broiler csirke	0	0	0	0	10 000 000	0

Forrás: saját szerkesztés

A 29. ábrán látható a vizsgált telephelyekhez tartozó állattenyésztési ágazatok (szarvasmarha, sertés) darabszámait. A T4 és T6 esetében kimagasló a sertés darabszám. Ebből következik, hogy ezeken a telephelyeken a sertésenyésztés a fő húzóágazat.

A T4 és T6 esetében a magas sertés darabszám miatt volt indokolt a biogáz üzem megépítése, mivel a keletkező sertéstrágya kezelése és tárolása magas költségekkel jár. Többek között ezért is döntöttek a biogáz előállítás mellett a vizsgált cégek, ugyanis sokkal jövedelmezőbb az amúgy is folyamatosan keletkező trágyából zöld energiát előállítani, mint azt tárolni és kijuttatni a termőföldre. A T5 esetében többek között a kiemelkedően magas (10 000 000 db) baromfiállomány is indokolta a biogáz üzem létrehozását.



29. ábra: A vizsgált telephelyekhez kapcsolódó szarvasmarha és sertés darabszám

Forrás: saját szerkesztés

Összefoglaltam a vizsgált telephelyektől kapott adatokat a biogáz összetételét tekintve (13. táblázat, 30. ábra).

Három elemet vizsgáltam a gázelegyből (CH_4 , CO_2 , H_2S).

A legnagyobb metántartalommal a T3 rendelkezik a vizsgált telepek között. A legalacsonyabb metántartalom a T1 telephely esetében volt kimutatható. Az összes begyűjtött adat alapján a metántartalom átlaga 60,36%.

A CO_2 átlag értéke 27,71%. A CO_2 a második legnagyobb százalékkal rendelkező gáz a biogázban.

A kén-hidrogén 111 ppm átlagértéket mutat a vizsgált telephelyeken keletkező biogázban. A legmagasabb kén-hidrogén érték a T2 telephely esetében látható.

Vizsgáltam a többféle alapanyag használatának hatását a dolgozói létszáma.

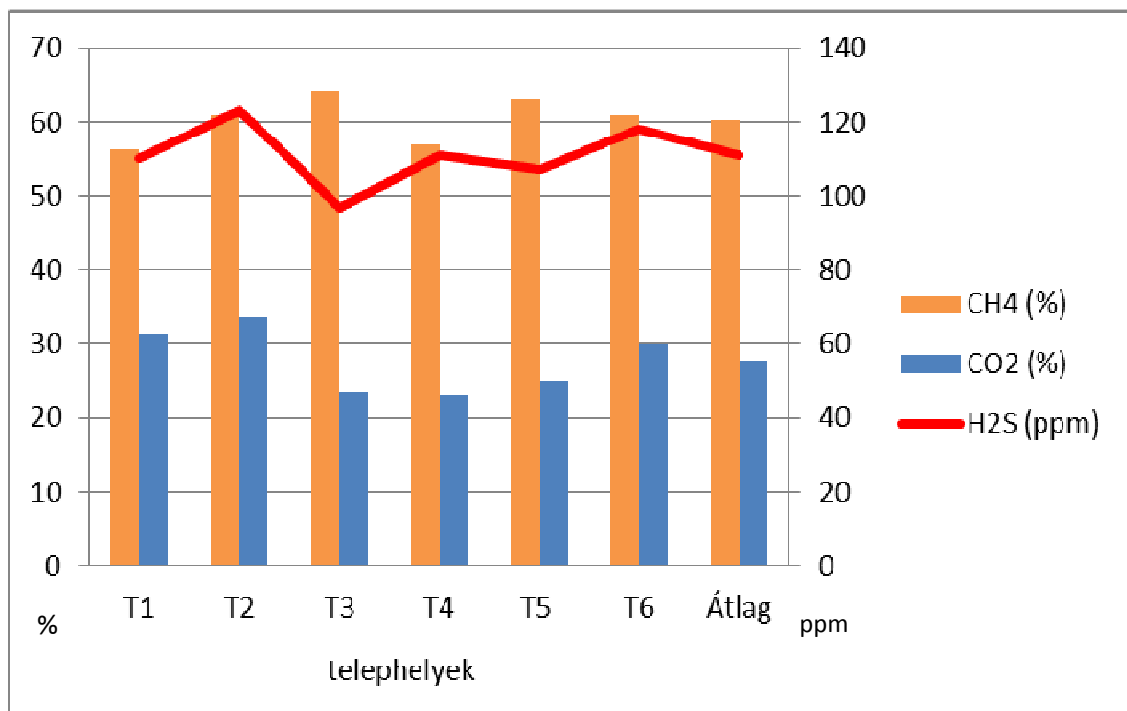
A T1 telephelyen ötféle felhasznált alapanyag mellett hat dolgozót, a T2 telephelyen hétféle felhasznált alapanyag mellett pedig 13 dolgozót foglalkoztatnak. A T3 telephelyen kilenc főt alkalmaznak háromféle alapanyag felhasználása mellett, míg a T4 telephelyen a szintén háromféle felhasznált alapanyag mellett kettő főt foglalkoztatnak.

A T5 telephely 11 alapanyaga mellé 15 főt foglalkoztat, a T6 telephely ötféle alapanyag mellé négy főt alkalmaz (31. ábra).

13. táblázat: A vizsgált telephelyek által termelt biogáz általános jellemzői

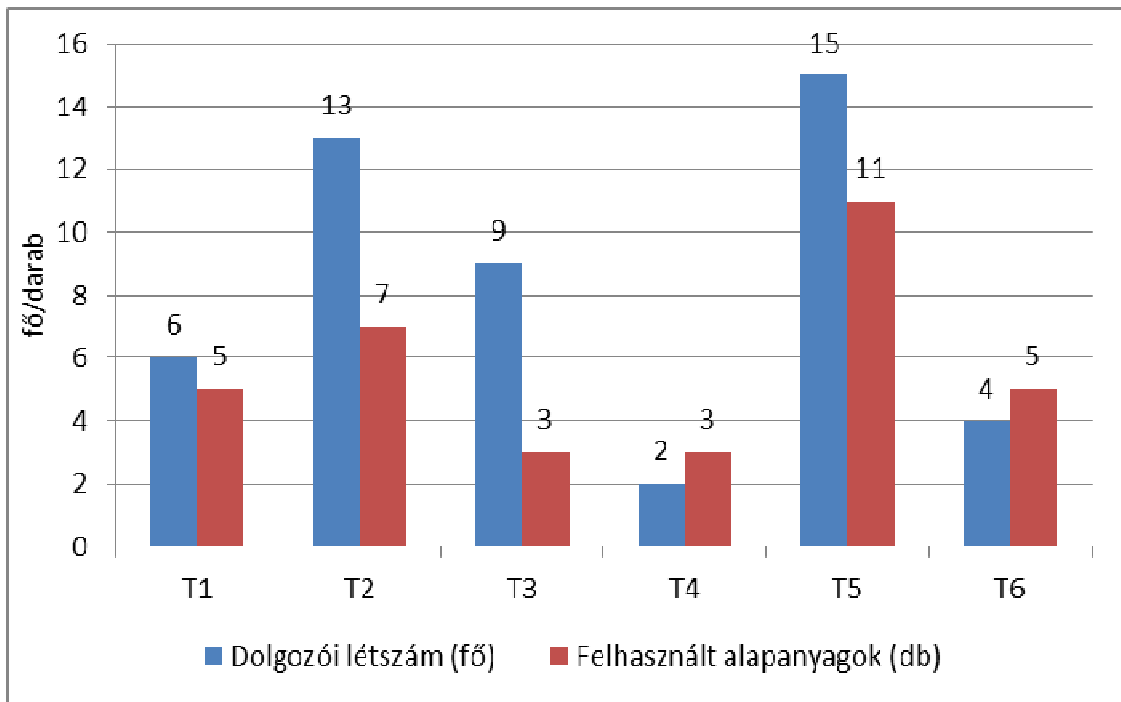
Biogáz összetétel (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Átlag
CH ₄	56,2	61	64	57	63	61	60,36667
CO ₂	31,2	33,7	23,5	23	25	29,9	27,71667
H ₂ S (ppm)	110	123	97	111	107	118	111

Forrás: saját szerkesztés



30. ábra: A vizsgált telephelyeken termelt biogáz összetétele (CH₄%, CO₂%, H₂S ppm)

Forrás: saját szerkesztés



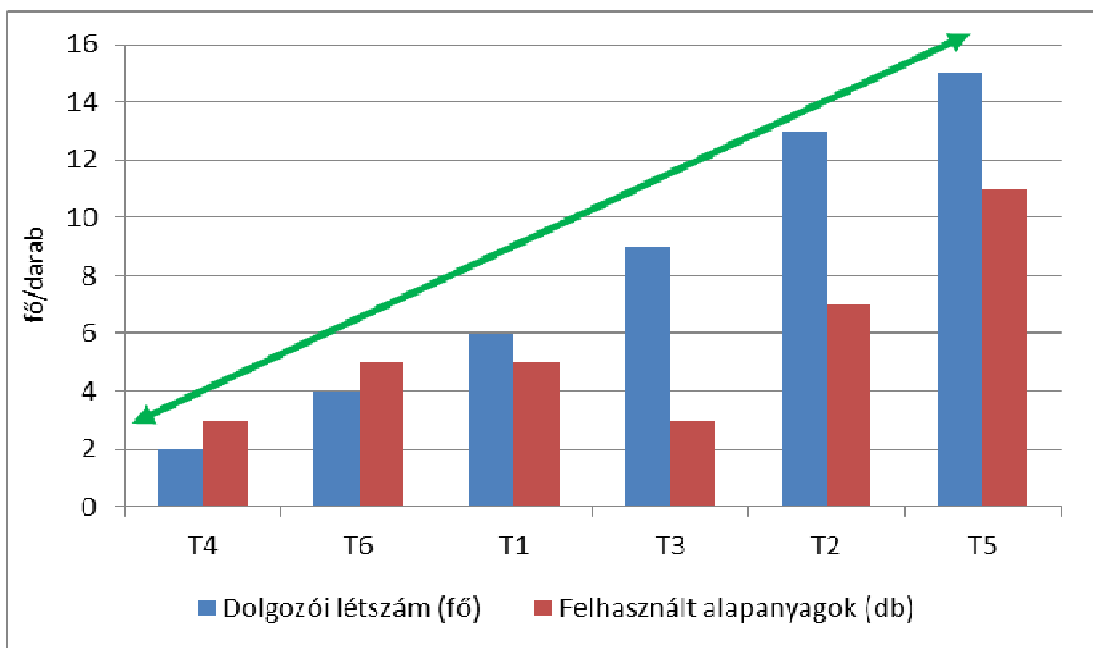
31. ábra: A vizsgált telephelyek dolgozói létszáma és a felhasznált alapanyagok száma

Forrás: saját szerkesztés

A 32. ábrán ugyanezeket az adatokat felhasználva, de a telephelyek sorrendjét megcserélve ábrázolom a dolgozók létszáma és a felhasznált alapanyagok száma közötti egyenes arányosságot.

Az adatok alapján a felhasznált alapanyagok száma befolyásolja a dolgozói létszámot. A regresszió analízis alapján a felhasznált alapanyagok darabszáma és a dolgozók létszáma között ($r=0,74$) kapcsolat van. A felhasznált alapanyag fajtája 54,28%-ban befolyásolta ($P<0,1$) a dolgozói létszámot.

(A kisszámú alapanyag-felhasználás jobban automatizálható technológiát tesz lehetővé. Ebből következik, hogy az állandó és kevés fajtájú alapanyaggal működő üzemek dolgozói létszáma alacsonyabb pl. a T4 esetében a dolgozói létszám két fő.)



32. ábra: A vizsgált telephelyek dolgozói létszámának és a felhasznált alapanyagok számának összefüggései

Forrás: saját szerkesztés

4.1.1. SWOT analízis

Ebben a fejezetben foglalom össze a vizsgált telephelyek jellemzőit a SWOT analízis alkalmazásával.

SWOT-analízis – ERŐSSÉGEK						
Jellemzők	T1	T2	T3	T4	T5	T6
meghatározó térségi, regionális szerep		✓	✓	✓	✓	✓
stabil vállalati háttér	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kiszámítható alapanyag-ellátás	✓		✓	✓	✓	✓
folyamatos energiatermelés	✓	✓	✓		✓	✓
magas szintű szakképzett munkaerő	✓	✓	✓		✓	✓
kiemelkedő társadalmi szerepvállalás		✓				
magas szintű infrastruktúra		✓		✓	✓	✓
széles körű alapanyag felhasználás		✓			✓	
jó megközelíthetőség		✓	✓	✓	✓	✓
kiemelkedő hazai működési volumen					✓	
hőenergia hasznosítása többféle módon					✓	
mezofil technológia alkalmazása	✓	✓	✓	✓	✓	✓
mezofil és termofil technológia alkalmazása					✓	

SWOT-analízis – GYENGESÉGEK						
Jellemzők	T1	T2	T3	T4	T5	T6
alacsony szintű infrastruktúra	✓			✓		
nehéz megközelíthetőség	✓			✓		
nincs meghatározott stratégia	✓					
szakaszos energiatermelés			✓	✓		
gázmotorok gyakori meghibásodása	✓			✓		
rendszerhibák miatti technológiaváltás		✓				
szaghatás	✓	✓	✓	✓	✓	✓
magas üzemeltetési költségek	✓	✓	✓			✓
magas javítási költségek	✓			✓		
alacsony alkalmazotti létszám	✓			✓		✓
magas szállítási költségek		✓	✓		✓	✓

SWOT-analízis – LEHETŐSÉGEK						
Jellemzők	T1	T2	T3	T4	T5	T6
állami támogatás	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EU-s pályázati forrás	✓	✓	✓	✓	✓	✓
új szervezeti felépítés kidolgozása				✓		
hőenergia differenciált hasznosítása	✓	✓	✓	✓	✓	✓
telephely bővítése	✓		✓		✓	✓
kiegészítő technológia alkalmazása	✓	✓	✓	✓		✓
alkalmazottak létszámának bővítése		✓	✓			
új alapanyag-forrás felkutatása	✓	✓	✓	✓	✓	✓

SWOT-analízis – VESZÉLYEK						
Jellemzők	T1	T2	T3	T4	T5	T6
szigorodó EU-s jogszabályoknak való megfelelés	✓	✓	✓	✓	✓	✓
szakképzett munkaerő elvándorlása	✓		✓	✓	✓	✓
állatlétszám csökkenése		✓		✓		
akadozó alapanyag-ellátás		✓				✓
fix alapanyag felhasználás				✓		

Az erősségeket tekintve a T2-es és T5-es telephelyek járnak az élen.

Kiemelkedő a meghatározó térségi és regionális szerepe a legtöbb vizsgált telephelynek. A stabil vállalati háttér biztosított a telephelyeken, valamint magas szintű szakképzett munkaerőt alkalmaznak a T4-es telephely kivételével.

Minden telephely a mezofil technológiát használja, valamint a T5-ös telephelyen megtalálható a termofil technológia is.

A T1-es és T4-es telephelyek rendelkeznek a legnegatívabb mutatókkal a gyengeségek szempontjából az elemzéseim alapján.

Ahogy már korábban kifejtettem, a szaghatás továbbra is megoldatlan probléma a biogáz üzemek számára, ami a technológia sajátosságából ered.

A legtöbb telephelynél – T1, T2, T3, T6 – komoly gondot okoz a magas üzemeltetési költség is.

A T1 és T4 telephelyeknél jelentkező alacsony szintű infrastruktúra a jövőbeni fejlesztési lehetőségek kiaknázását akadályozza, ahogyan a T1-es telephely hiányzó stratégiája is.

A jövő lehetőségeit jelenti a telephelyek számára az állami és EU-s támogatási források felhasználása fejlesztési céljaik elérése érdekében.

A termelés stabilitásának fenntartása érdekében a vizsgált telephelyek számára evidenciális a további lehetséges alapanyag-forrás felkutatása.

A veszélyeket illetően a vizsgált telephelyek feladata, hogy a folyamatosan változó Európai Uniós jogszabályokat figyelemmel kísérjék, és annak megfeleljenek.

Mivel nagy problémát jelent a szakképzett munkaerő elvándorlása, a telephelyek fontos feladata a munkahelyek megtartó-erejének szinten tartása vagy növelése is.

A SWOT analízis alapján kitűnik, hogy a vizsgált üzemek között a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem rendelkezik a legpozitívabb jellemzőkkel.

4.2. A Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben mért adatok értékelése

A következő táblázatokban bemutatom a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem biogáz- és villamos energia termelését 2014–2016 között (14–16. táblázat).

A biogáz üzem 2016-ban – a jelenlegi működési rendszerben – 8,46 millió nm³ biogáz előállítás mellett 17 601 MWh elektromos áram termelésére volt képes (16. táblázat).

14. táblázat: Az üzem biogáz-előállítása és villamos energia termelése
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2014)

Hónapok	Termelt biogáz (m ³)	Termelt villamos energia (MWh)
Január	656688	1295,906
Február	684893	1360,190
Március	717608	1375,315
Április	851330	1643,375
Május	789372	1509,161
Június	704853	1467,214
Július	756758	1467,211
Augusztus	795953	1474,483
Szeptember	851664	1542,327
Október	831702	1464,678
November	861043	1735,211
December	892988	1790,929
Összesen	9394852	18126,000

Forrás: saját szerkesztés

15. táblázat: Az üzem biogáz előállítás és villamos energia termelése
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2015)

Hónapok	Termelt biogáz (m ³)	Termelt villamos energia (MWh)
Január	967310	1924,821
Február	888208	1820,558
Március	879434	1810,748
Április	889190	1826,253
Május	899569	1547,305
Június	664948	1329,896
Július	628093	1256,185
Augusztus	749295	1498,589
Szeptember	831503	1663,006
Október	774375	1548,750
November	769439	1410,052
December	677509	1412,838
Összesen	9618873	19049,001

Forrás: saját szerkesztés

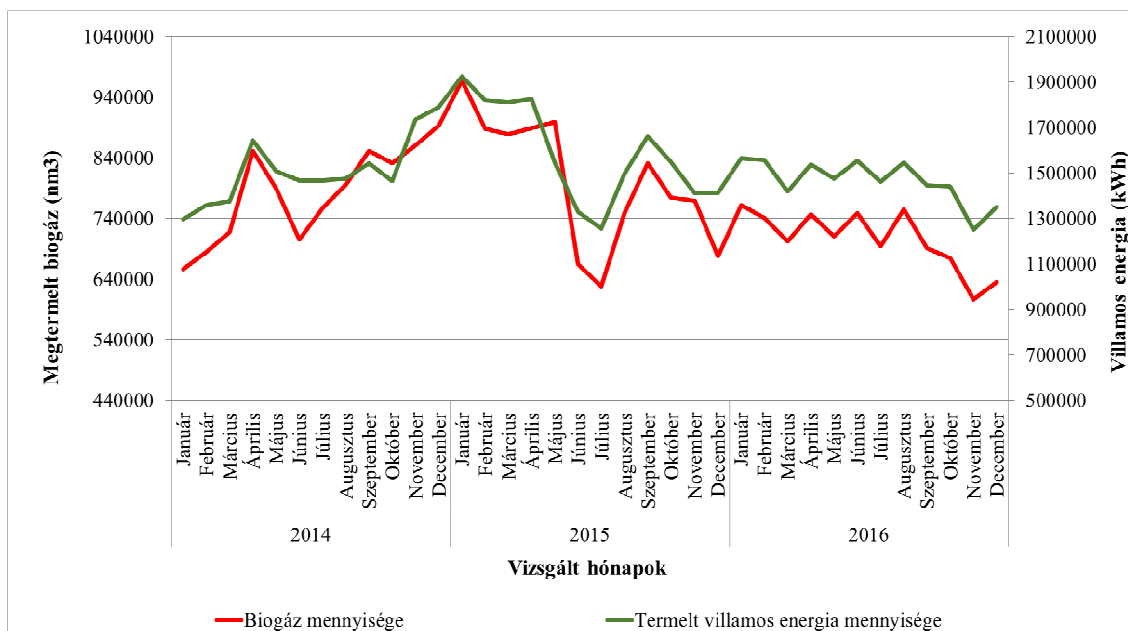
A 33. ábrán látható a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem biogáz- és villamos energia termelése a vizsgált években. Jól látható a szoros kapcsolat a megtermelt biogáz és az abból előállított villamos energia között.

Az alapüzem – kialakításából adódóan – egységekkel bővíthető, valamint átalakításokkal a benne rejlő tartalékokat ki lehet aknázni. A biogáz további termikus hasznosítása az egyik legfontosabb megvalósítandó feladat a közeljövőben, mely által a rendelkezésre álló biogázban megtestesített energia jó hatásfokkal használható fel. Hatékonyabb kéntelenítési módszerrel a biogáz tisztaságát olyan szintre lehet emelni, amely alkalmassá teszi kombinált égőfej alkalmazásával terményszárítói felhasználásra is.

16. táblázat: Az üzem biogáz előállítás és villamos energia termelése
(Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem, 2016)

Hónapok	Termelt biogáz (m ³)	Termelt villamos energia (MWh)
Január	761704	1564,513
Február	740712	1557,747
Március	702008	1418,366
Április	747418	1536,567
Május	710494	1474,567
Június	748938	1555,352
Július	694237	1461,208
Augusztus	754634	1546,290
Szeptember	691167	1445,367
Október	675046	1439,682
November	607120	1251,038
December	635156	1350,576
Összesen	8468634	17601,273

Forrás: saját szerkesztés



33. ábra: A előállított biogáz és a termelt villamos energia kapcsolata

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált három év átlagában 18 259 MWh villamos energiát termelt a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem. A vizsgált évek átlagában havi szinten nem volt különbség a biogáz termelésében, azaz a biogáz-kihozatal konstans volt, amit a variancia-analízis is alátámaszt (17. táblázat). Nem volt igazolható különbség a vizsgált évek alapján az egyes hónapok között, és szintén nem volt igazolható különbség a havi gázkihozatal tekintve.

17. táblázat: Szezonális hatás a biogáz-termelésre a vizsgált évek átlagában

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
Hónap	11	$5.064 \cdot 10^{10}$	$4.604 \cdot 10^9$	0.475	0.9 ^{ns}
Maradék	24	$2.324 \cdot 10^{11}$	$9.683 \cdot 10^9$		
Szignifikancia jelölése: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 Nem szignifikáns 'ns'					

Forrás: saját szerkesztés

A vizsgált évek átlagában a havi szinten nem volt különbség a villamos áram termelésben, azaz a biogáz-termeléssel együtt a villamos energia termelés is konstans volt. Ugyancsak nem volt különbség a havi villamos energia termelést tekintve (18. táblázat).

18. táblázat: Szezonális hatás a villamos energia termelésre a vizsgált évek átlagában

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
Hónap	11	$1.721 \cdot 10^{11}$	$1.565 \cdot 10^{10}$	0.476	0.9 ^{ns}
Maradék	24	$7.896 \cdot 10^{11}$	$3.290 \cdot 10^{10}$		
Szignifikancia jelölése: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 Nem szignifikáns 'ns'					

Forrás: saját szerkesztés

Mindezek alapján a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemet jó hatásfokú, stabil rendszerműködés jellemzi.

A vizsgált éveknek szignifikáns hatása volt a gáztermelésre (19. táblázat).

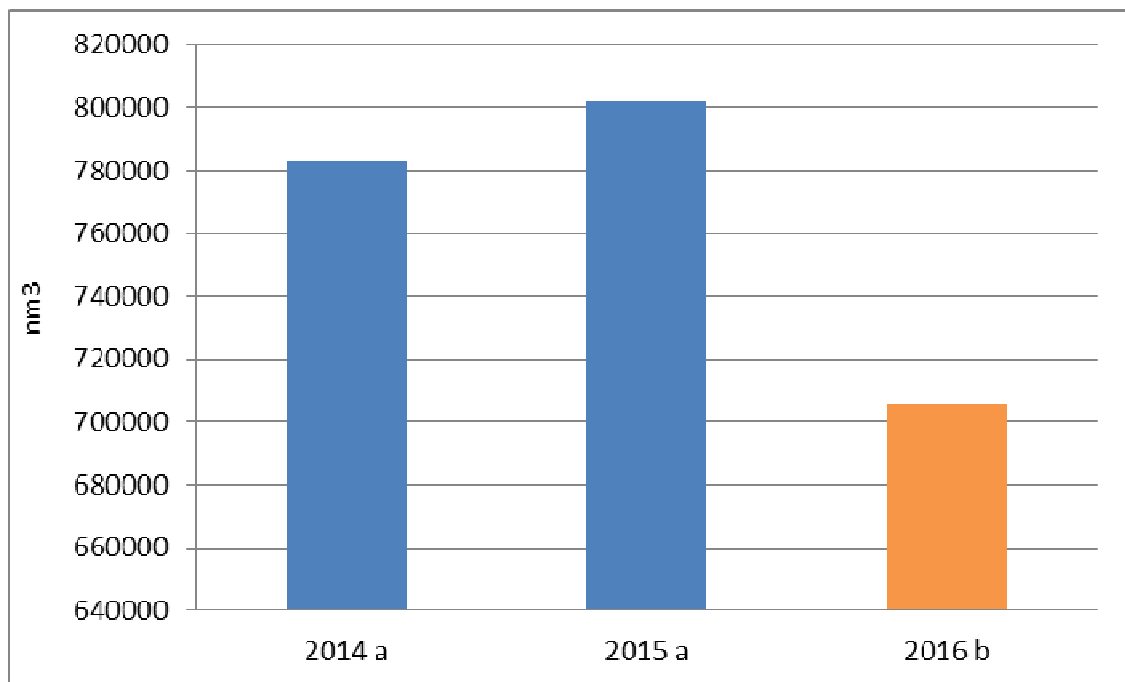
A vizsgált éveknek statisztikailag igazolható hatása ($P < 0,05$) volt a gáztermelésre, ezt a variancia-analízis is alátámasztja

19. táblázat: Gáztermelés éves hatása

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
Év	2	$6,198 \cdot 10^{10}$	$3,099 \cdot 10^{10}$	4,626	0,0169*
Maradék	33	$2,211 \cdot 10^{11}$	$6,699 \cdot 10^9$		
Szignifikancia jelölése: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 Nem szignifikáns 'ns'					

Forrás: saját szerkesztés

2016-ban statisztikailag igazolhatóan ($P < 0,05$) csökkent a gázkihozatal (34. ábra). A statisztikailag igazolható legkisebb szignifikáns különbség 67979,56.



34. ábra: A gázkihozatal alakulása a vizsgált évek havi átlagában (nm^3)

Forrás: saját szerkesztés

A 2016-ban csökkent a termelt gáz mennyisége, azonban nem volt statisztikailag igazolható hatása a villamos áram termelésre (20. táblázat).

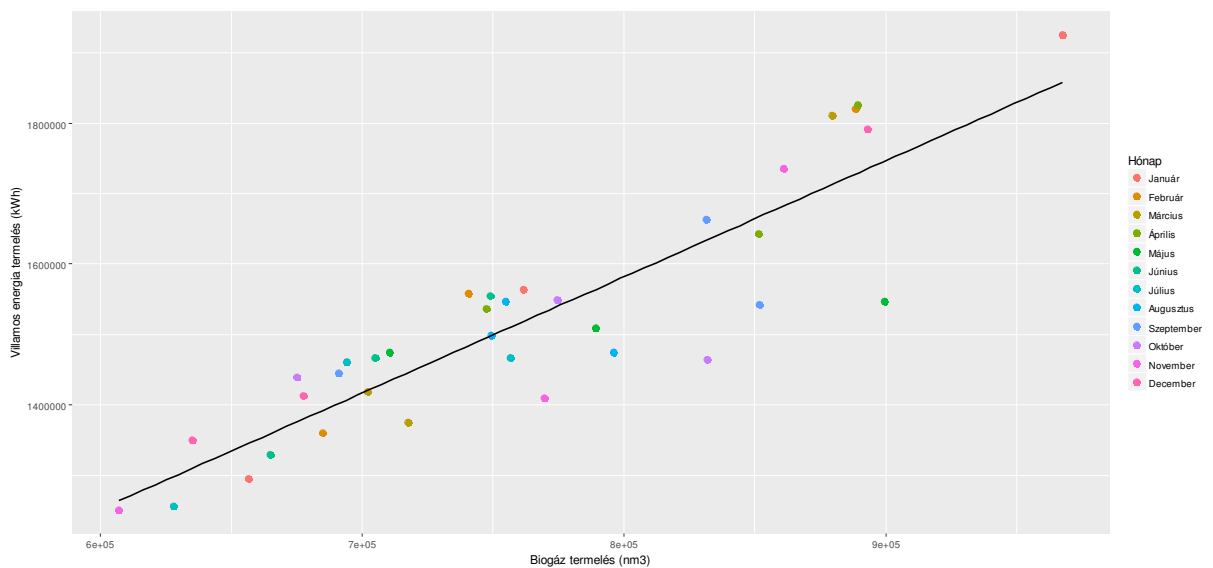
20. táblázat: Éves villamos energia termelés

	Szabadságfok	Eltérés négyzetösszeg	Variancia	F érték	Szignifikancia (>)
Év	2	$8,953 \cdot 10^{10}$	$4,477 \cdot 10^{10}$	1,694	0,199 ^{ns}
Maradék	33	$8,8722 \cdot 10^{11}$	$2,643 \cdot 10^{10}$		

Szignifikancia jelölése: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 Nem szignifikáns 'ns'

Forrás: saját szerkesztés

A grafikon alapján elmondható hogy a biogáz termelés hatott a villamos energiatermelésre (35. ábra).



35. ábra: A biogáz hozam és a villamos energiatermelés összefüggése a vizsgált évek átlagában

Forrás: saját szerkesztés

A regresszió-analízis eredményeként a vizsgált három év átlagában $r=0,89$ volt a kapcsolat a biogáz mennyisége és a villamos energia termelés között ($P<0,001$).

A biogáz mennyisége 79,29%-ban befolyásolta a villamos áram mennyiségét.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Véleményem szerint a biogáz-termelés csak akkor lehet versenyképes a fosszilis energiahordozókkal szemben, ha az egész termelési folyamatot egy rendszernek tekintjük.

A rendszer előnyeit megvizsgáltam és megállapítottam, hogy a biogáz üzemekben feldolgozott alapanyagok, melléktermékek és hulladékok felhasználása pozitív hatással van a minket körülvevő környezetre.

A biogáz termelési folyamata során a különböző ipari szektorok hulladékainak ártalmatlanítása nem csak környezetvédelmi szempontból fontos, hanem gazdasági szempontból jelentős bevételt jelent az üzemeltetőnek.

Bízató jelek mutatják, hogy a megújuló energiák alkalmazása és integrálása az energiaellátó rendszerekbe egy gyorsulóban lévő folyamat.

Több kutató és szakember véleménye szerint 2020-ig megközelítőleg 200 biogáz üzem kerülhet kivitelezésre Magyarországon.

Megállapítottam, hogy az általam vizsgált években a Nyírbátori Regionális biogáz üzem biogáz- és villamos energia termelése konstans, attól függetlenül, hogy változatos szortimenttel működik.

2016-ban a glicerín mint alapanyag felhasználása megszűnt.

Megállapítottam, hogy a vizsgált éveknek szignifikáns ($P < 0,05$) hatása volt a gáztermelésre.

Megvizsgáltam az egyes évek közötti gázkihozatalt, amely alapján a statisztikailag igazolható legkisebb szignifikáns különbség 67979,56 volt.

Regresszió-analízissel vizsgáltam a biogáz-termelés hatását a villamos energia termelés mennyiségét tekintve. A vizsgált három év átlagában szoros ($r=0,89$) volt a kapcsolat a biogáz mennyisége és a villamos energia termelés között ($P < 0,001$). Az eredmények alapján a biogáz mennyiségének alakulása 79,29%-ban befolyásolta a villamos energia termelést.

6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy a mezőgazdasági biogáz-üzemek működését a felhasznált alapanyagok fizikai szerkezete – különösen a szárazanyag-tartalom és a szervesanyag-tartalom – alapvetően befolyásolja.
2. Megállapítottam, hogy biogáz-előállítás során rendszerszerűen hőtermelés is történik. A hőtermelés mennyiségéhez és minőségéhez illeszkedő rendszer mind műszaki, mind technológiai, mind gazdasági szempontból szükséges.
3. Megállapítottam, hogy a bioreaktorok működése szempontjából a környezetvédelem, valamint a növénytermesztésből származó input anyagok és a fermentlé együttes hasznosítása elkerülhetetlen feladat.
4. Megállapítottam, hogy – az általam vizsgált években – a széles alapanyag-felhasználás miatt a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem biogáz- és villamos energia termelése megbízható.
5. Az egyes évek közötti gáztermelésben a statisztikailag igazolható legkisebb szignifikáns differencia 67979,56 ($P < 0,05$) volt. Igazolható különbség nem volt 2014 és 2015 között, de 2015 és 2016, valamint 2014 és 2016 között igazolható különbséget állapítottam meg. Ennek okát az alapanyag-féleségek mennyiségi és minőségi mutatóival határoztam meg. Ez alapján megállapítottam, hogy a 2016-os év eredményeit legfőképpen a glicerinhiány indokolja.
6. Regresszió-analízissel vizsgáltam a biogáz-termelés hatását a villamos energia termelésre. A vizsgált három év átlagában szoros volt a kapcsolat ($r=0,89$) a biogáz mennyisége és a villamos energia termelés között ($P < 0,001$). Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a biogáz mennyiségének alakulása 79,29%-ban befolyásolta a villamos energia termelést.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. A biogáz üzemekben történő villamos energia termelés során keletkező, fel nem használt hőmennyiséget innovatív módon kell hasznosítani a hatékonyság érdekében. Ezek alapján javaslom egy adszorpciós hűtőberendezés alkalmazását, ami az áprilistól novemberig tartó időszakban lehetővé teszi egy olyan hűtőház hűtését, ahol nem kell +5 °C foknál alacsonyabb hőmérsékletet biztosítani. Az eljárás alkalmas zöldségek és gyümölcsök megfelelő hőmérsékleten való tárolására. A fent említett időszakban a hulladékhő hasznosítását egy terményszárító üzemszám kialakításával lehet hatékonyan megoldani, amely alkalmas szálas, illetve szemes termés befogadására.
2. Kutatásban szerzett tapasztalataim alapján javaslom, hogy a bioreaktorokból kikerülő fermentlé-kezeléseként fázis-leválasztást kell végezni, amely során külön válik a szilárd és a folyadék fázis. A szilárd fázist – vagyis a zagyát – 15–20%-os szervesanyag-tartalma miatt fel kell használni, és vissza kell juttatni a termelési folyamat elejére hígító léként, ami csökkenti az alapanyag-költségeket. A folyadékfázist egy dekantáló berendezésen kell átfolyatni, ami további hígítás után – 1–2%-os szervesanyag-tartalommal – alkalmas üvegház vagy fóliaház mikroszórófejes tápoldatozásra. Ezen módszer segítségével egy termékből két új termék hozható létre.
3. A fermentlé hasznosítását javaslom a bioreaktorokba való visszavezetésként a szántóföldi növénytermesztésben való hasznosítás céljából. Mindehhez a közvetlen és – a szeparátorral való – közvetett hasznosítás kölcsönös rendszertani összefüggéseit kell alkalmazni.
4. Vizsgálataim alapján javaslom egy padlófűtéssel ellátott biotrágya utótároló-tér kiépítését, ahol a biotrágya 30–40% szárazanyag-tartalma 2–3 nap után 75–80%-osra növelhető, ami ezután trágyázásra felhasználható.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon jelenleg 33 mezőgazdasági mellékterméket és hulladékokat felhasználó biogáz üzem található. Hazánkban a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem épült meg elsőként, amely méretei és technológiáját tekintve Magyarország legnagyobb mezőgazdasági alapanyag-bázisú biogáz üzeme. Többek között ezért is választottam vizsgálataim helyszínéül. Saját kutatásaim alapján rendszerbe foglaltam a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem által alkalmazott alapanyagokat és a fermentált végtermék felhasználásának különböző lehetőségeit. Három év üzemi adatai alapján vizsgáltam és elemeztem a biogáz hasznosításának alkalmazását, és fejlesztési koncepciókat dolgoztam ki.

A szakirodalmi áttekintésben bemutattam a biogáz-termelés jelentőségét, szerepét Magyarországon és az Európai Unióban. Bemutattam a biogáz-termelés biológiai hátterét. A biogáz termeléstehnológiai bemutatása mellett leírtam a lehetséges alapanyagok fajtáit és fontosabb befolyásoló tényezőit különös tekintettel a mezőgazdasági biogáz üzemekre.

Vizsgálataim kiterjedtek az üzem felépítésének, működésének, technológiai hátterének megismerésére. Kutatási céljaim között szerepelt az általam vizsgált üzemek leírása, az energiatermelési folyamatok feltárása, valamint ezek összehasonlítása. Elemeztem a biogáz hasznosításának gyakorlati szempontjait. Megvizsgáltam a meglévő termelési technológiák hátterét, és javaslatokat tettem különböző fejlesztési koncepciókra a biogáz felhasználásának alternatív módjait illetően. Kitértem a biogáz-gyártás környezetre, társadalomra és gazdaságra gyakorolt hatására.

Az anyag és módszer fejezetben bemutattam a biogáz üzemek regionális helyzetét az energiatermelés tekintetében, továbbá leírtam a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem termelési rendszerét. Bemutattam az általam használt statisztikai módszereket, valamint a SWOT analízist.

Az eredmények fejezetben rendszerbe foglaltam a hat vizsgált biogáz üzemben kapott adatokat és azok eredményeit. Vizsgáltam a többféle alapanyag használatának hatását a dolgozói létszámra. Regresszió-analízis alapján megállapítottam, hogy a felhasznált alapanyagok száma és a dolgozók létszáma között ($r=0,74$) kapcsolat van. A felhasznált alapanyag fajtája 54,28%-ban befolyásolta ($P<0,1$) a dolgozói létszámot. A SWOT analízis alkalmazásával a hat biogáz-üzem erősségeit, gyengeségeit, lehetőségeit és veszélyeit foglaltam össze. Itt külön fejezetben tértem ki a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemben mért adatok elemzésére.

Megállapítottam, hogy a vizsgált évek átlagában havi szinten nem volt különbség a biogáz-termelést tekintve. A biogáz-kihozatal egyenletes volt, ezt az elvégzett variancia-analízis is alátámasztotta. A vizsgált éveknek szignifikáns hatása volt a gáztermelésre. Megállapítottam, hogy a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzemet jó hatásfokú, stabil rendszerműködés jellemzi.

9. SUMMARY

On the basis of my research results, there are currently 33 biogas plant in Hungary which process agricultural by-products and waste. In Hungary, the Regional Biogas Plant of Nyírbátor was the first to have been established; as for its size and technology it is the largest biogas plant in Hungary using agricultural products. Among other factors, these properties were the reason for selecting the plant for my examinations.

On the basis of my own studies the starting materials applied at The Regional Biogas Plant of Nyírbátor and the different utilisation possibilities of the fermented final product have been put into a systematic framework. Application of biogas utilisation has been examined and analysed on the basis of the data of three years and as a result of that development concepts have been elaborated.

Significance and role of biogas production in Hungary and in the European Union have been introduced in the scope of the bibliography section. Biological background of biogas production has been introduced. Besides the technological introduction of biogas production, different types of suitable starting materials and the important influencing factors have also been covered with especial regard to agricultural biogas plants.

My examinations involved the structure, operation and technological background of the plant. My research objectives included the description of the examined plants, the exploration of their energy producing processes and their comparison. Practical aspects of biogas utilisation have been analysed. Background of the existing production technologies has been examined and suggestions have been made for different development concepts within the section “Alternative methods of biogas use”. Environment, societal and economical effects of biogas production have also been described.

In the scope of the ‘Material and Method’ section the regional situation of biogas plants has been introduced in terms of energy production. Additionally, the production system of the Regional Biogas Plant of Nyírbátor has also been introduced. Applied statistical methods and the SWOT analysis have been introduced.

In the 'Results' section the data received from the six biogas plants and their results have been analysed on a systematic basis. The effect of multiple starting materials utilisation on employee number has been analysed. On the basis of regression analysis it was found that there is a connection ($r=0.74$) between the number of utilised starting materials and the number of employees. The type of the utilised starting material influenced ($P<0.1$) employee number in 54.28% of the cases. By means of the SWOT analysis, the strengths, weaknesses, opportunities and threats of the six biogas plants have been summarised in four tables. In a separate chapter, analysis of the data measured at the Regional Biogas Plant of Nyírbátor has been covered.

It was found that there was no monthly difference in the average of the analysed years in terms of biogas production. Biogas extraction was steady, this has been verified by the performed variance analysis. The analysed years had a significant effect on gas production. It was found that the Regional Biogas Plant of Nyírbátor is characterised by a good efficiency, stable operation.

10. IRODALOM, HIVATKOZÁSOK

- 16/2001. (VII) KöM rendelet: 2001. 16/2001. (VII) KöM rendelet a hulladékok jegyzékéről, (módosította a 22/2004. (XII. 11.) KvVM rendelet). <http://www.recyclingth.hu/hulladekjegyzek.pdf>.
- Anda A.: 2005. A klímaváltozás hazai mezőgazdasági következményei. "Agro-21" Füzetek. 41: 18–29.
- Angelidaki, I.–Ahring, B.: 1999. Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure. [In: Mata-Alvarez J. et al. (eds.) Proceedings of the Second International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes. Barcelona.] 1. 92: 375–380.
- Bacanetti, J.–Negri, M.–Fiala, M.–González- Garcia, S.: 2013. Anaerobic digestion of different feedstocks: Impact on energetic and environmental balances of biogas process. Science of The Total Environment. 463–464: 541–551.
- Bai A. (szerk.): 2007. A biogáz. Száz magyar falu könyvesháza Kht. Budapest. 284.
- Bai A.–Lakner Z.–Marosvölgyi B.–Nábrádi A.: 2002. A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 127–139.
- Balla, Z.–Csatári, N.–Hagymássy, Z.–Vántus, A.–Kith, K.: 2014. The potential utilisation of a „bio-fertiliser” produced as a by-product in a biogas plant. Növénytermelés Suppl. 63: 87–90.
- Baranyi B. (szerk.): 2010. Bioenergetika – társadalom – harmonikus vidékfejlődés. Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja – Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma. 64–65.
- Barótfi I.: 2003. Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 984.
- Börjesson, P.–Mattiasson, B.: 2007. Biogas as a resource-efficient vehicle fuel. Trends in Biotechnology. 26. 1: 8–13.
- Braber, K.: 1995. Anaerobic digestion of municipal solid waste: a modern waste disposal option on the verge of breakthrough. Biomass Bioenergy. 9: 365–376.

- Budzianowski, M. W.–Postawa, K.:* 2017. Renewable energy from biogas with reduced carbondioxide footprint: Implications of applying different plant configurations and operating pressures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 68. 2: 852–868.
- Büki G.:* 2010. Köztestületi Stratégia Programok – Megújuló energiák hasznosítása. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- Carter, T. R.–Jones, R. N.–Lu, X.:* 2007. New assessment methods and the characterisation of future conditions. [In: Parry, M. L. et al. (eds.) ‘Climatechange 2007: Impacts, adaptation and vulnerability’ – Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.] Cambridge UK: IPCC. Cambridge University Press. United Kingdom. 133–171.
- Chen, Y.–Dong, B.–Qin, W.–Xiao, D.:* 2010. Xylose and cellulose fraction from corncob with three different strategies and separate fermentation of them to bioethanol. *Bioresource Technology*. 101: 7005–7010.
- Chikán A.:* 1997. Vállalatgazdaságtan. Aula Kiadó. Budapest. 616.
- Ciais, P.–Tans, P. P.–Trolier, M. J.–White, W. C.–Francey, R. J.:* 1995. A Large Northern Hemisphere Terrestrial CO₂ Sink Indicated by the 13C/12C Ratio of Atmospheric CO₂. *Science*. 269: 1098-1102.
- Ciais, P.–Wattenbach, M.–Vuichard, N.–Smith, P.–Piao, S. L.–Don, A.–Luysaert, S.–Janssens, I. A.–Bondeau, A.–Dechow, R.–Leip, A.–Smith, P. C.–Beer, C.–Van Der Werf, G. R.–Gervois, S.–Van Oost, K.–Tomelleri, E.–Freibauer, A.–Schulze, E. D. – Carboeurope Synthesis Team:* 2010. The European Carbon Balance. Part 2: croplands. *Global Change Biology*. 16: 1409–1428.
- Csatári N.–Balla Z.–Hagymássy Z.–Nagy O.–Vántus A.–Kith K.:* 2014. Mezőgazdasági biogáz üzemek technológiai összehasonlítása. [In: Pokorádi L. (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2014.] Szolnok. 2014. 05. 13. MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen. Elektronikus Műszaki Füzetek. 14: 91–96.

- de Mendiburu, F.:* 2016. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-4. <http://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Deublein, D.–Steinhauser, A.:* 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. Wiley-VCH Verlag Gmb. G&Co. KGaA.
- Dinya L.:* 2007. Fenntartható energiagazdálkodás – ökoenergetika. *Ma & Holnap*. 7. 3: 26–29.
- Dinya L.:* 2010. Biomassza-alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. *Magyar Tudomány*. 8: 912–925.
- Dinya L.:* 2012. Energiastratégiák és fenntarthatóság. [In: Dinya L.–Magda S. (szerk.) *Zöld gazdaság és versenyképesség?*] XIII. Nemzetközi Tudományos Napok. 2012. március 29–30. Gyöngyös. 179–188.
- Drégelyi-Kiss Á.–Horváth M.–Bagi Z.:* 2012. *Biogáz gyártás mérési eljárásai*. Óbudai Egyetem. Budapest. 5–6.
- EBA:* 2015. *EBA Biomethane & Biogas Report 2015*. <http://european-biogas.eu/2015/12/16/biogasreport2015/>
- European Commission 2009:* 2009. 2009/28/EC Directive of The European Parliament and of the Council of 23 April 2009 – on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- Eder, B.–Schulz, H.:* 2006. *Biogas Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit*. Ökobuch-Verlag. Freiburg.
- EurObservER:* 2014. *Biogas barometer*. <https://www.eurobserv-er.org/pdf/2014/EurObservER-Biogas-Barometer-2014-EN.pdf>
- EUROSTAT:* 2014. Share of energy from renewable sources. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_335a&lang=en

- Friedlingstein, P.–Cox, P.–Betts, R.–Bopp, L.–Von Bloh, W.–Brovkin, V.–Cadule, P.–Doney, S.–Eby, M.–Fung, I.–Bala, G.–John, J. J.–Jones, C. J.–Joos, F.–Kato, T. K.–Kawamiya, M.–Knorr, W.–Lindsay, K.–Matthews, H. D.–Raddatz, T.–Rayner, P.–Reick, C.–Roeckner, E.–Schnitzler, K. G.–Schnur, R.–Strassmann, K.–Weaver, A. J.–Yoshikawa, C.–Zeng, N.:* 2006. Climate-Carbon Cycle Feedback Analysis: Results from the C4MIP Model Intercomparison. *Journal of Climate*. 19: 3338–3353.
- FVM 2008:* 2008. 59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet – A vizek mezőgazdasági eredetű nitrát szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről. https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0800059.fvm
- Gilly Zs.:* 2001. Ökológiai lábnyom. Dél-Dunántúli Kooperációs Kutatási Központ. <http://mkne.hu/pie/piekonyv3.htm>
- Göőz L.:* 1999. A természeti erőforrásokról. Bessenyei Kiadó. Nyíregyháza. 374.
- Greenpeace International:* 2007. Energy (R)Evolution. A Sustainable World Energy Outlook. Greenpeace International–EREC. 96.
- Gruber, W.:* 2007. Biogasanlagen in der Landwirtschaft. Aidinfodienst. Verbraucherschultz, Ernährung, Landwirtschafte. V. Bonn. 1453.
- Hagymássy, Z.–Vántus, A.–Csatári, N.:* 2015. Mechanical analysis and investigation of the impact of climate change on crop production in different climate area. *Növénytermelés Suppl.* 64: 65–72.
- Hajdú J.:* 2009. Alternatív energiatermelés a gyakorlatban. Szent István Egyetemi Kiadó. Szent István Egyetem. Gödöllő. 21–25.
- Hendriks, A. T. W. M.–Zeeman, G.:* 2009. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 100: 10–18.
- Hetesi Zs.:* 2016. Valóban van még időnk? Lépések szaklap. 21: 1. <http://climenews.com/hetesi-zsolt-valoban-van-meg-idonk>
- Horváth J.:* 2011. Megújuló energia. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Megujulo_energia/ch06.html.

- Huzsvai L.*: 2012. Statisztika gazdaságelemzők részére – Excel és R alkalmazások. Seneca Books. Debrecen. 153.
- Iglinski, B.–Buckowski, R.–Cichosz, M.*: 2015. Biogas production in Poland – Current state, potential and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 50: 686–695.
- IPCC*: 2007. The physical science basis – Contribution of Working Group I. to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press. New York.
- IRENA*: 2016. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2016. http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2016.pdf
- Janssens, I. A.–Freibauer, A.–Schlamadinger, B.*: 2005. The carbon budget of terrestrial ecosystems at country scale – a European case study. *Biogeosciences*. 2. 15: 226.
- Jena, S. P.–Mishra, S.–Acharya, S. K.–Mishra, S. K.*: 2017. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 19: 173–178.
- Juhász, Cs.–Szöllősi, N.–Mézes, L.–Petis, M.–Tamás, J.*: Fertilizers and liquid digestate within agro-ecosystems in the region of Nyírbátor. *Növénytermelés Suppl.* 63: 315–318.
- Kacz K.–Neményi M.*: 1998. Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest. 71–75., 144–148.
- Kiss F.*: 2011. Fenntartható fejlődés. <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/megujulo/Fenntarthato%20fejlodes/Fenntarthato%20fejlodes.html>
- Klein, J.–Winter, J. (eds.)*: 2000. Biotechnology. Vol. 11c. Environmental Processes III. Solid waste and Waste gas treatment – Preparation of drinking water. Wiley VCH. Verlag GmbH.
- Kocsis G. I.*: 2015. Nikola Tesla és az Univerzum titkai. Kiskapu Kiadó. Budapest. 71.
- Kolbert A.*: 2016. A klímaváltozás itt van és megeszi a világot. http://index.hu/tudomany/2016/07/31/a_klimavaltozas_itt_van_es_megeszi_a_vilagot/.
- Kovács A. D.*: 2007. A környezettudatosság fogalma és vizsgálatának hazai gyakorlata. Települési környezet konferencia. Debrecen. 64–69.

- Kovács E.–Paripás B.:* 2011. Fizika I. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_GEFIT6101/sco_06_04.htm
- Kovács K.–Bagi Z.:* 2005. A biogáz keletkezése. [In: Bai A. (szerk.) A biogáz előállítása – Jelen és jövő.] Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 33–34.
- Kruijt, B. W.–Jan-Philip, M.–Jacobs, M. J.–Cor, T.:* 2008. Kroon effects of rising atmospheric CO₂ on evapotranspiration and soil moisture: a practical approach for the Netherlands J. Hydrol. 349: 257–267.
- KSH:* 2016. Növekszik Magyarország bioüzemanyag felhasználása https://www.ksh.hu/sajtoszoba_kozlemenyek_tajekoztatok_2016_03_07
- Lakatos Gy.–Czudar A.:* 2008. Környezetvédelem I. Szennyvíztisztítás. Debreceni Egyetem Kiadó. Debrecen. 129.
- Láng I. (szerk.):* 1985. A biomassza hasznosításának lehetőségei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 249.
- Lee, J. W.–Rodrigues, R. C.–Kim, H. J.–Choi, I. G.–Jeffries, T. W.:* 2010. The roles of xylan and lignin in oxalic acid pretreated corncob during separate enzymatic hydrolysis and ethanol fermentation. Bioresource Technology. 101: 4379–4385.
- Li, Q.–Jiang, X.–He, Y.–Li, L.–Xian, M.–Yang, J.:* 2010. Evaluation of the biocompatible ionic liquid 1-methyl-3-methylimidazolium dimethylphosphite pretreatment of corn cob for improved saccharification. Applied Microbiology and Biotechnology. 87: 117–126.
- Li, W.–Li, Q.–Zheng, L.–Wang, Y.–Zhang, J.–Yu, Z.–Zhang, Y.:* 2015. Potential biodiesel and biogas production from corncob by anaerobic fermentation and black fly soldier fly. Bioresource Technology. 194: 276–282.
- Lukács G.:* 2008. Zöldenergia és vidékfejlesztés. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 71–72.
- Magyar Biogáz Egyesület:* 2011. Magyarország biogáz lehetőségei és tennivalói. Zöld Ipar Magazin. 1. 3: 32–35.
- Magyarország Alaptörvénye:* 2011. Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.). https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1100425.ATV

- Magyar UNESCO Bizottság:* 2009. Természettudomány – A fenntartható fejlődés fogalma, célkitűzései. <http://www.unesco.hu/termeszettudomany/fenntarthato-fejlodesre/fenntarthato-fejlodes-091214>
- Mata-Alvarez, J.–Macé, S.–Llabrés, P.:* 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*. 74: 3–16.
- Matuszewska, A.–Owczuk, M.–Zamojska-Jaroszewicz, A.–Jakubiak-Lasocka, J.–Lasocki, J.–Orlinski, P.:* 2016. Evaluation of the biological methane potential of various feedstock for the production of biogas to supply agricultural tractors. *Energy Conversion and Management*. 125: 309–319.
- Medvé né dr. Szabad K.:* 2013. A fenntartható fejlődés gazdaságtana – Haladás új alapokon. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/0007_a4_1049_1051_fenntarthatofejl_2/2_2_haladas_uj_alapokon_v3F2nWIMKSEUw0Ox.html
- Megújuló energiapark:* 2008. energiapark – Ökológiai lábnyom. <https://megujuloenergiapark.hu/energiaforrasok/okologiai-labnyom>
- Mézes L.:* 2011. Mezőgazdasági és élelmiszeripari biogáz-termelés optimalizálása. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola. Debrecen. 182.
- Monoki Á.:* 2006. Biomassza energia. <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/megujulo/Biomassza/Biomassza.html#irodalom>
- MTI:* 2011. Üvegházhatás-prognózis. A klímaváltozás lehetséges következményei 2050-től. www.mti.hu
- Nagy J.:* 2005. A mezőgazdasági földhasználat, a szántóföldi növénytermelés és a vízgazdálkodás. "Agro-21" Füzetek. 41: 38–43.
- Nagy J.:* 2007. Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest. 394.
- Nagy J.:* 2008. A biomassza-hasznosítás lehetőségei és képessége Magyarországon. *Mag Kutatás, Fejlesztés és Környezet*. 9–10: 40–44.
- Nagy J.–Harsányi, G. –Jánosy O.–Harsányi E.–Nagy O.:* 2014. A foglalkoztatás és a jövedelemviszonyok hatása a régiók fejlődésére. *Agrártudományi Közlemények*. 60: 15–19.

- Nagy J.–Sinóros-Szabó B.–Harsányi G.–Nagy O.–Harsányi E.: 2014. Regionális gazdasági eredmények, újraiparosítás Hajdú-Bihar megyében. Agrártudományi Közlemények. 60: 65–74.
- Nagy, O.–Tamás, A.–Harsányi, E.–Vántus, A.–Kith, K.: 2015. Possibilities of reducing carbon dioxide emissions in arable crop production. Növénytermelés Suppl. 64: 143–146.
- Nagy, Z.–Pintér, K.–Czóbel, S.–Balogh, J.–Horváth, L.–Fóti, S.–Barcza, Z.–Weidinger, T.–Csintalan, Z.–Dinh, N. Q.–Grosz, B.–Tuba, Z.: 2007. The carbon budget of semiarid grassland in a wet and a dry year in Hungary. Agriculture Ecosystems and Environment. 121: 21–29.
- Némethy S.–Dinya L.–Gergely S.–Varga G.: 2012. Renewable energy production and use through sustainable ecological cycles in agriculture. [In: Dinya L.–Magda S. (szerk.) Zöld gazdaság és versenyképesség? XIII. Nemzetközi Tudományos Napok. 2012. március 29–30. Gyöngyös. 239–248.
- Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2020-ig: 2015. http://www.kormany.hu/download/1/25/80000/IIINemzeti%20Energiahat%C3%A9konys%C3%A1gi%20Cselekv%C3%A9si%20Terv_HU.PDF
- Net1: Globális felmelegedés. <http://kitty-life.webnode.hu/news/globalis-felmelegedes/> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net2: Sajnos sokkal nagyobb a zöld iránti érdeklődés, mint az aktivitás. <https://www.ecoverwebaruhaz.hu/sokkal-nagyobb-zold-iranti-erdeklodes-mint-az-aktivitas/> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net3: Energiaforrások – Nem megújuló energiaforrások. <http://energiapedia.hu/nem-megujulo-energiaforrasok> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net4: Energiaforrások – Fosszilis energiahordozók. <http://energiapedia.hu/fosszilis-energiahordozok> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net5: Energiaforrások – Megújuló energiaforrások. <http://energiapedia.hu/megujulo-energiaforrasok> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)

- Net6*: Napenergia. http://www.energiaporta.hu/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=3&Itemid=66&lang=hu (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net7*: Alternatív energia – Széleenergia. <http://www.alternativenergia.net/szeleenergia.html> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net8*: Agroökológiai potenciál. <http://www.agraroldal.hu/agrookologiai-potencial-kifejezes.html> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Net9*: A munkavégzése és energiája, körfolyamatok. <http://www.sulinet.hu/tovabbtan/felveteli/ttkuj/fizika/hotan/hotan.htm> (utolsó megtekintés: 2017. június 29.)
- Ohimain, I. E.–Izah, C. S.*: 2017. A review of biogas production from palmoil mill effluents using different configurations of bioreactors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 70: 242–253.
- Olessák D.–Szabó L.*: 1984. Energia hulladékból. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 190.
- Olsson, L.–Fallde, M.*: 2015. Waste(d) potential: a socio-technical analysis of biogas production and use in Sweden. *Journal of Cleaner Production*. 98: 107–115.
- Olsson, L.–Hjalmarsson, L.*: 2012. Policy for biomass utilisation in energy and transport system – the case of biogas in Stockholm, Sweden. World Renewable Energy forum – WREF 2012. (Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conference.) 6: 4758–4765.
- Öllős G.*: 1991. Csatornázás-szennyvíztisztítás I–II. Aqua Kiadó. Budapest. 697–740.
- Palmowsky, L.–Müller, J.*: 1999. Influence of comminution of biogenic materials on their bioavailability. *Muell. Abfall*. 31. 6: 368–372.
- Patrizio, P.–Leduc, S.–Chinese, D.–Dotzauer, E.–Kraxner, F.*: 2015. Biomethane as transport fuel – A comparison with other biogas utilization pathways in northern Italy. *Applied Energy*. 157: 25–34.
- Pereira, P. P. C.*: 2009. Anaerobic Digestion in Sustainable Biomass Chains. PhD Thesis. Wageningen University. Wageningen. 262.

- Petis M.*: 2007. Biogázzról a gyakorlatban. Bioenergia. Bioenergetikai Szaklap. Szekszárdi Bioráma Kft. Szekszárd. 2. 2: 21–25.
- Petis M.*: 2008b. Biogáz hasznosítása. Energiapolitika 2000 Társulat. Energiapolitikai Hétfő Esték. Budapest. 2008. február 11.
- Petis M.*: 2008a. Új irányzatok a biogáz termelésben és hasznosításban. Mag Kutatás, Fejlesztés és Környezet. 9–10: 21–26.
- Petis M.*: 2012. A nyírbátori biogáz üzem üzemeltetésének tapasztalatai. Biogáz konferencia Renexpo. Hungexpo F-G pavilon 1. em. 2012. 05. 10.
- Popp J.–Aliczki K.–Garay R.–Kozák A.–Nyárs L.–Radóczné Kocsis T.–Potori N.*: 2011. A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon. Agrárgazdasági Kutató Intézet. Budapest. 14–15.
- R Core Team.*: 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- RStudio Team.*: 2016. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc. Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>
- Réczey G.*: 2007. A biomassza energetika hasznosításának lehetősége és a vidékfejlesztésre gyakorolt hatása az Európai Unió támogatási rendszerének tükrében. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar. Gazdaságtudományi Intézet. Mosonmagyaróvár.
- Sántha A.*: 1996. Környezetgazdálkodás. Nemzeti Tankönyv Kiadó. Budapest. 368.
- Schulz, H.–Eder, B.*: 2005. Biogázgyártás. Cser Kiadó. Budapest. 172.
- Schulze, E. D.–Freibauer, A.–Luyssaert, S.–Ciais, P.–Janssens, I. A.–Soussana, J. F.–Smith, P.–Grace, J.–Levin, I.–Thiruchittampalam, B.–Heimann, M.–Dolman, A. J.–Valentini, R.–Bousquet, P.–Peylin, P.–Peters, W.–Rödenbeck, C.–Etioppe, G.–Vuichard, N.–Wattenbach, M.–Nabuurs, G. J.–Poussi, Z.–Nieschulze, J.–Gash, J. H.–Team, C.*: 2009. Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhousegas balance. Nature Geoscience. 2: 842–850.

- Schuman, G. E.–Reeder, J. D.–Manley, J. T.–Hart, R. H.–Manley, W. A.:* 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications*. 9: 65–71.
- Sembery P.–Tóth L.:* 2004. Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest. 274–279.
- Shih, J. C. H.:* 1993. Recent development in poultry waste digestion and feather utilization – a review. *Poultry Sci.* 72: 1617–1620.
- Sinóros-Szabó B. ifj.–Maniak S.:* 2005. Bioreaktorok Magyarországon. *Agrártudományi Közlemények. Különszám.* 16: 248–254.
- Sinóros-Szabó B. ifj.:* 2008. Bioreaktorok logisztikai összefüggései. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola. Debrecen. 115.
- Sinóros-Szabó B.:* 2004. Technológia és fejlesztés I. Főiskolai jegyzet. Nyíregyházi Főiskola. Nyíregyháza. 159.
- Sinóros-Szabó B.–Dinya L.:* 2008. Fenntartható regionális értékhálózat kialakítása és működése nagy sűrűségű energiaterekben. [In. Baranyi B.–Nagy J. (szerk.) *Regionalitás, területfejlesztés és modernizáció az Észak-Alföldi Régióban.*] Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma – Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja. 261–280.
- Sinóros-Szabó B.–Rátonyi T.–Sinóros-Szabó B. ifj.–Sulyok D.:* 2005. Bioreaktor a fenntartható fejlődés szolgálatában. *Agrártudományi Közlemények. Különszám.* 17: 111–118.
- Szendrei J.:* 2005. A biomassza energetikai hasznosítása. *Agrártudományi Közlemények. Különszám.* 16: 264–272.
- Tamás A.:* 2015. Megújuló energiák hasznosításának lehetőségei Hajdú-Bihar és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyékben. *Agrártudományi Közlemények.* 63: 143–146.
- Tamás J.–Blaskó L.:* 2008. Environmental management – 13. 1. Magyarország biomassza potenciálja. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/ch11.html

- Teghammar, A.–Karimi, K.–Horváth, I.–Sárvári, M.–Taherzadeh, M. J.:* 2012. Enhanced biogas production from rice straw, triticale straw and softwood spruce by NMMO pretreatment. *Biomass and Bioenergy*. 36: 116–120.
- Tóth G.:* 2007. A Valóban Felelős Vállalat – A fenntarthatatlan fejlődésről, a vállalatok társadalmi felelősségének (CSr) eszközeiről és a mélyebb stratégiai megközelítésről. *KÖVET – Környezettudatos Vállalatirányítási Egyesület*. 108.
- Tóth P.–Bulla M.–Nagy G.:* 2011. Energetika – A szélenergia hasznosítása. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/ch04s03.html
- Törő Á.–Tamás A.–Vántus A.–Rátonyi T.–Harsányi E.:* 2017. Az emelkedő szén-dioxid kibocsátás és annak összefüggései a mezőgazdasággal. *Agrártudományi Közlemények*. 72: 197–201.
- Várallyay Gy.:* 2004. Talaj az agroökoszisztémák alapeleme. "Agro-21" Füzetek. 37: 33–50.
- Varga-Haszonits Z.:* 2003. Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásainak elemzése, éghajlati scenáriók. "Agro-21" Füzetek. 31: 9–27.
- Végh L.:* 2017. Fenntartható élet. Jegyzet. Debreceni Egyetem. Debrecen. 123.
- Vetter, M.–Wirth, C.–Böttcher, H.–Churkina, G.–Schulze, E. D.–Wutzler, T.–Weber, G.:* 2005. Partitioning direct and indirect human-induced effects on carbon sequestration of managed coniferous forests using model simulations and forest inventories. *Global Change Biology*. 11: 810–827.
- Vida G.:* 2001. Merre tovább? *Magyar Tudomány*. 6: 641–646.
- Vojvodanska:* 2010. Biomassza. http://www.bekenergytrading.eu/vojvodanska/?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=6
- Vrannai K.:* 2015. Zöld controlling – „A fenntarthatóságot be kell építeni az alapfolyamatokba”. Interjú Daniel Ettével, a „Responsible Management Accounting and Controlling” című könyv szerzőjével. http://www.controllingportal.hu/zold_controlling/

- Wikipédia – A szabad enciklopédia*: 2017. Fenntartható fejlődés. https://hu.wikipedia.org/wiki/Fenntarthat%C3%B3_fejl%C5%91d%C3%A9s
- Wyss, W.: 1991. Marktforschung von A-Z – Eine Einführung aus der Praxis für die Praxis. DemoSCOPE. Switzerland. 588.
- Xu, L. K.–Baldocchi, D. D.: 2004. Seasonal variation in carbon dioxide exchange over a Mediterranean annual grassland in California. *Agricultural and Forest Meteorology*. 123: 79–96.
- youthXchange*: 2005. Ecological footprints of nations 2004. http://www.youthxchange.net/main/b139_ecological-footprint-g.asp
- Zetterman, C. O.: 2011. Interview with C. O. Zetterman, Chief Executive Officer (CEO) at Himmerfjärdsverket. Performed by Linnea Hjalmarsson. (15. 11. 2011)
- Zhao, R.–Zhang, Z.–Zhang, R.–Li, M.–Lei, Z.–Utsumi, M.–Sugiura, N.: 2010. Methane production from rice straw pretreated by a mixture of acetic-propionic acid. *Bioresource Technology*. 101. 3: 990–994.
- Zheng, Y.–Zhao, J.–Xu, F.–Li, Y.: 2014. Pretreatment of lignocellulosic biomass for enhanced biogas production. *Progress in Energy and Combustion Science*. 42: 35–53.

11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/51/2017.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Kith Károly
Neptun kód: TVR4WE
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10048200

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

1. **Kith, K.**: Mezőgazdasági biogáz üzemek Kelet-Magyarországon.
Agrártud. közl. 63, 79-81, 2015. ISSN: 1587-1282.
2. Nagy, O., Balla, Z., **Kith, K.**, Tamás, A.: A hulladékgazdálkodás szabályozásának elemei.
Debreceni Műszaki Közl. 2, 89-93, 2014. ISSN: 1587-9801.
3. **Kith, K.**, Tamás, A., Nagy, O.: Hulladékkezelési technológiák alkalmazásának összehasonlítása Hajdú-Bihar megyében.
Debreceni Műszaki Közl. 2, 104-108, 2014. ISSN: 1587-9801.
4. **Kith, K.**: A biogáz termelés jelentősége Magyarországon.
Agrártud. közl. 51, 127-129, 2013. ISSN: 1587-1282.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (2)

5. **Kith, K.**: Carbonhidroxide and the biogas production.
Növénytermelés. 64 (Suppl.2.), 101-105, 2015. ISSN: 0546-8191.
6. Balla, Z., Csátári, N., Hagymássy, Z., Vántus, A., **Kith, K.**: The potential utilisation of a "bio-fertiliser" - produced as a by-product in a biogas plant.
Növénytermelés. 63 (Suppl.), 87-90, 2014. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.63.2014.Suppl>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

7. Nagy, O., **Kith, K.**: Az éghajlatváltozás hatásai a mezőgazdaságra.
In: Az 5. Báthory-Brassai Konferencia tanulmánykötetei: Tanulmányok, publikációk és előadások az 5. Báthory-Brassai Konferencia programjából. Szerk.: Rajnai Zoltán, Fregan Beatrix, Ozsváth Judit, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 395-399, 2014. ISBN: 9786155460388



Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

8. Csatári, N., **Kith, K.**, Vántus, A.: Interaction of animal breeding and crop production via biogas.
Növénytermelés. 64 (Suppl.), 151-154, 2015. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

9. **Kith, K.**, Nagy, O., Balla, Z., Tamás, A.: Biogas - the calculable energy.
Geophys. Res. Abstr. 17, [1], 2015. ISSN: 1607-7962.

További közlemények

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (1)

10. Vántus, A., Hagymássy, Z., Balla, Z., Csatári, N., **Kith, K.**: A műszaki színvonal hatása a termék-előállítás eredményességére.
Taylor. 7, 192-199, 2015. ISSN: 2064-4361.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (3)

11. Vántus, A., Hagymássy, Z., Csatári, N., Nagy, O., **Kith, K.**: A termelés tárgyi tényezőinek hatása az eredményességre.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban : konferencia előadásai [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 313-318, 2014, (Műszaki füzetek ; 14) ISBN: 9789635087525
12. Csatári, N., Balla, Z., Hagymássy, Z., Nagy, O., Vántus, A., **Kith, K.**: Mezőgazdasági biogáz üzemek technológiai összehasonlítása.
In: Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban : konferencia előadásai [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pokorádi László, Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága, Debrecen, 91-96, 2014, (Műszaki füzetek ; 14.) ISBN: 9789635087525
13. Hagymássy, Z., Vántus, A., Csatári, N., **Kith, K.**, Balla, Z., Battáné Gindert, K. Á.: Napelemes villamos energiatermelés tapasztalatai.
In: Műszaki Tudomány Az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2014 [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Pokorádi László, MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen, 97-101, 2014, (Műszaki füzetek ; 14) ISBN: 9789635087525



Idegen nyelvű konferencia közlemények (2)

14. Nagy, O., Tamás, A., Harsányi, E., Vántus, A., **Kith, K.**: Possibilities of reducing carbon dioxide emissions in arable crop production.
Növénytermelés. 64 (Suppl.), 143-146, 2015. ISSN: 0546-8191.
15. Vántus, A., Hagymássy, Z., Csatári, N., **Kith, K.**, Nagy, O.: Results of infrastructure development in dairy.
Növénytermelés. 64 (Suppl.), 213-216, 2015. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (4)

16. Balla, Z., **Kith, K.**, Tamás, A., Nagy, O.: Renewable energy from biomass: a sustainable option?: Hydrogen production from alcohols.
Geophys. Res. Abstr. 17, [1], 2015. ISSN: 1029-7006.
17. Tamás, A., Nagy, O., Balla, Z., **Kith, K.**: Resource efficiency and its necessity.
Geophys. Res. Abstr. 17 (9096), [1], 2015. ISSN: 1607-7962.
18. Balla, Z., Csatári, N., **Kith, K.**, Nagy, O.: Use of corn (*Zea mays* L.) hybrids to product bioethanol. In: 22nd European Biomass Conference and Exhibition / [ed. by ETA-Florence Renewable Energies], ETA-Florence Renewable Energies, Florence, 126, 2014.
19. Kovács, G., Balla, Z., **Kith, K.**, Csatári, N., Heil, B.: Nutrient status examinations in short rotation coppice.
Növénytermelés. 62 (Suppl.), 83-86, 2013. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.62.2013.suppl>

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.03.08.



12. MELLÉKLETEK

1. számú melléklet: kérdőív

BIOGÁZ ÜZEM JELLEMZŐI

Telep neve:	
Kapcsolattartó:	
Helye (település / járás):	
Állattenyésztési ágazat(ok):	
Állat létszám(ok):	
Kapcsolódó növénytermesztési terület(ek):	
Megújuló energia típusa:	
Megújuló energia kapacitása:	
Szükséges alapanyagok fajtái, mennyisége: (t/év)	
Projekt státusz:	
Megvalósulás (tervezett) éve:	
Kivitelezés időtartama:	

Kivitelezés költsége:	
Tervezett megtérülési idő:	
Értékesít-e energiát? külső energiaértékesítés	
Éves megtakarítás?	
- <i>Villamos energia?</i>	
- <i>Hő energia?</i>	
- <i>Gáz?</i>	
Jelent-e plusz fő foglalkoztatást?	
Beruházás része-e támogatott pályázatnak?	
- <i>Támogatási intenzitás (%):</i>	
Pályázott-e korábban? (Igen/nem):	
Bővítési/fejlesztési elképzelések:	
Tulajdonos / vezető szakképzettsége:	
Alkalmazott Technológia?	
Bioreaktor(ok) jellemzői	
- <i>Típusa:</i>	
- <i>Hőmérséklet:</i>	

- <i>Erjedési idő:</i>	
- <i>Előfermentor:</i>	
- <i>Aprítási technológia:</i>	
- <i>Utófermentor:</i>	
Gázmotor(ok) jellemzői	
- <i>Lökettérfogat:</i>	
- <i>Hengerek száma:</i>	
- <i>Működésének ütemezése:</i>	
Gázszák(ok) mérete(i):	
Gáztermelés jellemzői	
- <i>Éves biogáz termelés:(m³)</i>	
- <i>Havi biogáz termelés:(m³)</i>	
- <i>Éves villamos energiatermelés: (KWh)</i>	

- <i>Havi villamos energiatermelés: (KWh)</i>	
- <i>Éves hő energiatermelés: (GJ)</i>	
- <i>Havi hő energiatermelés: (GJ)</i>	
- <i>Biogáz összetevői (%):</i>	
- <i>Tisztítási folyamat(ok):</i>	
Alapanyag(ok):	
- <i>Növénytermesztésből:</i>	
- <i>Állattenyésztésből:</i>	
- <i>Mixtúra jellemzői:</i>	
- <i>C/N aránya:</i>	
Szeparátor (igen/nem):	
- <i>Input/output anyagot:</i>	
Alapanyag tároló tér mérete:	

Fermentált anyag tárolótér mérete:	
Fermentált anyag hasznosítása:	
Egyéb kérdések	
Beruházás akadályai(i):	
Beruházás indoka(i):	

13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetem fejezem ki a Kerpely Kálmán Doktori Iskola vezetőjének, egyben témavezetőnek Dr. Nagy János professzor úrnak, hogy a doktori értekezésem elkészítését lehetővé tette, ehhez minden szükséges támogatást megadott. Munkámat magas szintű, hozzáértő tanácsokkal segítette.

Nagy tisztelettel köszönöm Dr. Dinya László professzor úr és Dr. Rátonyi Tamás egyetemi docens úr opponensi véleményét, építő jellegű szakmai javaslatait, amelyek segítséget nyújtottak a disszertációm véglegesítésében.

Hálával tartozok Dr. Petis Mihály elnök úrnak a Bátorcoop Szövetkezet és Társvállalkozásai tulajdonosának, valamint Borúzs Lajos úrnak a Nyírbátori Regionális Biogáz Üzem vezetőjének, hogy rendelkezésemre bocsátották a disszertációmban felhasznált adatokat.

Köszönettel tartozom továbbá Dr. Harsányi Endre egyetemi docens, intézetvezető úrnaka doktori képzésem során nyújtott bizalmáért, valamint Dr. Sinóros-Szabó Botond professzor úrnak segítő szakmai támogatásáért.

Ezúton is szeretném megköszönni a Debreceni Egyetem Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézetben dolgozó minden kollégámnak a segítségét. Külön köszönettel tartozom Dorogi Zsuzsannának a disszertációm elkészítésében nyújtott segítő munkájáért.

Őszinte köszönettel tartozom feleségemnek, szüleimnek, családomnak, hogy támogattak, és minden esetben bíztattak munkám során, valamint külön köszönöm édesapámnak az életre szóló iránymutatását.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és Regionális Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2017.

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Kith Károly** doktorjelölt 2012. szeptember 01.–2015. augusztus 31. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányítással végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2017.

.....

a témavezető aláírása