

DEBRECENI EGYETEM
Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma
Logisztikai Koordinációs Központ

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:
Prof. dr. Nagy János
MTA doktora

Témavezető:
Dr. Grasselli Gábor
a mezőgazdaság tudomány kandidátusa

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A SZEKUNDER BIOMASSZÁRA ALAPOZOTT BIOGÁZTERMELÉS
LOGISZTIKÁJA ÉS HATÉKONYSÁGI KÉRDÉSEI**

Készítette:
Szendrei János
doktorjelölt

Debrecen
2008.

1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A kutatások célja volt olyan módszert kidolgozni a biomassza, azon belül a biogázpotenciál meghatározására, amely lejjebb megy az országos szintű adatoknál, és nagyobb területi felbontásban (megyei szinten, illetve egyes tetszőleges körzetekre is) használható megállapításokat szolgáltat. Ugyanakkor az a szempont is felmerült, hogy ne csak a területi tervezés és döntéshozás tudja használni a módszer eredményeit, hanem az egyes üzemek beruházói, tervezői is. Így cél volt azt is meghatározni, hogy az adott területen rendelkezésre álló biogázpotenciálra mekkora üzemeket lehet építeni. Ehhez a kutatások során a következő részcélok megvalósítása vált szükségessé:

- az adott területen található állatállomány létszámának megállapítása;
- az állatállomány trágya- és biogázteremlésének megállapítása;
- az adott biogázpotenciálon létesíthető biogázüzemek méretének meghatározása;
- a biogázüzemi méretek növelhetőségének, a szállítás lehetőségének megvizsgálása;
- a biogázüzemi teljesítmény fejlesztések révén elérhető növelésének vizsgálata.

2. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI

Magyarországon a rendszerváltás politikai-gazdasági fordulata után a növénytermesztés és állattenyésztés egyensúlya megbomlott, ami mindkét ágazatra káros. Az állatlétszám csökkenésével a növénytermesztés lehetősége is csökkent, hogy termelését hozzáadott értékkel értékesítse. Ugyanakkor a talaj szervesanyag-utánpótlást is igényel, ami legolcsóbban a már hasznosított biomassza maradványanyagaival biztosítható. A biogázélfjárás képes az állattartás helyzetének javításával a növénytermesztést is szolgálni.

A biogázélfjárás elterjedtsége hazánkban jelenleg elmarad a kívánatostól. Az elterjedés különösen indokolt lenne egy olyan, közismerten nagy biomassza-termelő képességgel rendelkező területen, mint amilyen az Alföld – jellemzően mezőgazdasági hasznosítású – térségei. Kérdés tehát, hogy mik az objektív lehetőségek és korlátok, amik a helyzetet és a megoldásokat valóságosan jellemzik. A Debreceni Egyetem mint regionális tudásközpont feladatának is megfelelően, a Kerpely Kálmán Doktori Iskola Agrárműszaki-környezetgazdálkodás doktori programjának keretében végzett kutatásaimban a biogáztermelés regionális adottságait és lehetőségeit vizsgáltam meg.

3. A KUTATÁS MÓDSZEREI

A) A biogázfejlesztésre felhasználható regionális mezőgazdasági biomasszapotenciál meghatározásának módszerei

Biogáztermelés szempontjából, egy térségi felméréshez, a legnagyobb állománnyal és legalkalmasabb trágyával rendelkező gazdasági állatfajokat célszerű figyelembe venni. Ilyen fajok a szarvasmarha, sertés, juh, tyúk és pulyka fajok, mivel ezek istállózott tartásban, koncentrált, nagyüzemi technológiával tartott fajok. Így ezeknél a fajoknál a trágyakezelés problémája is koncentráltan jelentkezik, igényelve a megfelelő trágyakezelést és utána az elhelyezést. A víziszarnyasok és a ló trágyája nagy területen, szétszórva jelentkezik, ezért ezeket a számításokból eleve kizártuk. A számításmenetben elsőként az egyes állatok trágyatermelésének felhasznált mutatóit, illetve az ezekre alkalmazott számításmenetet, majd az egyes állatfajok trágyáinak fajlagos gázhozamát használtam fel, ezeket új együtthatókban egyesítve.

Ezekkel az együtthatókkal az állatlétszám ismeretében kiszámítható az állati trágya és a belőle fejleszthető biogáz mennyisége. A megyei biogázpotenciál felmérésénél nem vettünk figyelembe azonban néhány állatfajt. Ilyen a juh, melynek trágyakezelése az évszázados mélyalmos technológiával ma is megoldott. A baromfi fajok trágyájának felhasználását az nehezíti, hogy nagy mennyiségben tartalmaz mind ülepedő (homok), mind felúszó, nehezen bomló (toll, szalma) anyagokat, amelyek a jelenlegi, nedves technológiájú üzemekben gondot okoznak. Ezenkívül az állomány igen nagy ingadozásokat mutat, a tyúk létszáma például öt éven belül 2 millió és 4 millió között változott, ami az előrejelezhetőséget nehezíti meg. Ezért a Hajdú-Bihar megyére kiterjedő felmérés során a figyelembe vett állatfajok körét a szarvasmarhára és a sertésre szűkítettük.

Az 1995-2005 évi adatok alapján meghatároztam a Hajdú-Bihar megyei szarvasmarha- és sertésállomány létszámának, illetve létszámuk különbségének és összegének jellemző statisztikai mutatóit ezer állatban illetve nagyállategységben. A megyei állatlétszám és a 2000. évi településsoros összeírás alapján meghatározott állatlétszám és a vizsgált fajok biogáztermelési együtthatói alapján fajonként és településenként meghatároztam a Hajdú-Bihar megyében keletkező szarvasmarha- és sertés trágya mennyiségét, valamint az abból fejleszthető biogáz mennyiségét és eloszlását az egyes települések között.

B) A biogázfejlesztésre felhasználható regionális biomasszapotenciál felhasználásának logisztikai számításaiban elért eredmények

A biogázpotenciál számításánál az egyes településekre adódott biogázmennyiségeket átszámítottam energiaértékre, majd az így kapott energiaértékeket átszámítottam a gázmotoros energiatermelés mutatóival üzemnagyság-értékekbe. Ezután meghatároztam azokat a településeket, amelyek az 500, a 300 és a 100 kW-os alsó teljesítményhatárokat teljesítették. Az eredményeket részletesen elemeztem.

A szállítás nélkül elérhető üzemméretek után megvizsgáltam azt is, hogy az egyes mérethatároknak megfelelő körzetesítéssel, azaz az 500, 300 és 100 kW-os minimális teljesítményhatárokat teljesítő településekre – mint központokba – alapanyag odaszállításával milyen mértékben lehet kihasználni a rendelkezésre álló állati trágya energiataralmát, és ehhez mekkora szállítási igény párosul.

Kisebb területre is megvizsgáltam a biogázpotenciál mennyiségét és területi eloszlását, a szállítás hatékonysága (a biogázpotenciál kihasználásához szükséges szállításteljesítmény) megállapításához. A felmérés kiindulópontja az volt, hogy a jövő a helyi, decentralizált energiaellátásé, ahol az energia előállítása a helyi fogyasztók közelébe települ. A számításokban a Debrecen körüli körzet biogázpotenciálját és annak koncentrálódását vizsgáltuk.

Az egyes állati trágyák energiaegyensúlyi szállítási távolságát a biogáztermelés jelenlegi feltételei között a szállítás energiaigénye [MJ/tkm] és az állati trágyákból fejleszthető biogáz energiataralma [MJ/t] alapján határoztam meg. A szállítás energiaigényét a nehéz tehergépkocsikra megadott fogyasztási adatokból, a trágyák energiatermelését beltartalmi és biogázkihozatali értékekből állapítottam meg.

C) A hatékonyság fejlesztésének vizsgálata

Szakaszos és folyamatos üzemű kísérletekben, valamint elméleti számításokkal vizsgáltam az egyes biogáz-adalékok és az aprítás jellemzőit. A szerteágazó kísérletek részletes leírását az értekezés tartalmazza. A rendszerszintű fejlesztések lehetőségeit irodalmi adatok és a saját felmérések eredményei alapján, szarvasmarha és sertés állományokra vizsgáltam.

4. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

A) A biogázfejlesztésre felhasználható regionális mezőgazdasági biomasszapotenciál meghatározásában elért eredmények

1. **Együtthatókat képeztem** a szarvasmarha, sertés, juh, tyúk és pulyka fajok fajlagos trágyatermelésére és biogáztermelésére. A főbb jellemzőket az 1. táblázat foglalja össze.

Szarvasmarha és **juh** esetében egy nagyállategység évi trágyatermelése 11,9 t, amelyből tonnánként 156,2 Nm³ biogáz fejleszthető, így az éves energiatermelés 8,5 GJ-nak felel meg. **Sertés** esetében egy nagyállategység évi trágyatermelése 8,04 t, amelyből tonnánként 4,86 Nm³ biogáz fejleszthető, így az éves energiatermelés 1,7 GJ-nak felel meg. **Tyúk** esetében egy nagyállategység évi trágyatermelése 5,66 t, amelyből tonnánként 309 Nm³ biogáz fejleszthető, így az éves energiatermelés 23 GJ-nak felel meg. **Pulyka** esetében egy nagyállategység évi trágyatermelése 6,5 t, amelyből tonnánként 328,8 Nm³ biogáz fejleszthető, így az éves energiatermelés 28 GJ-nak felel meg.

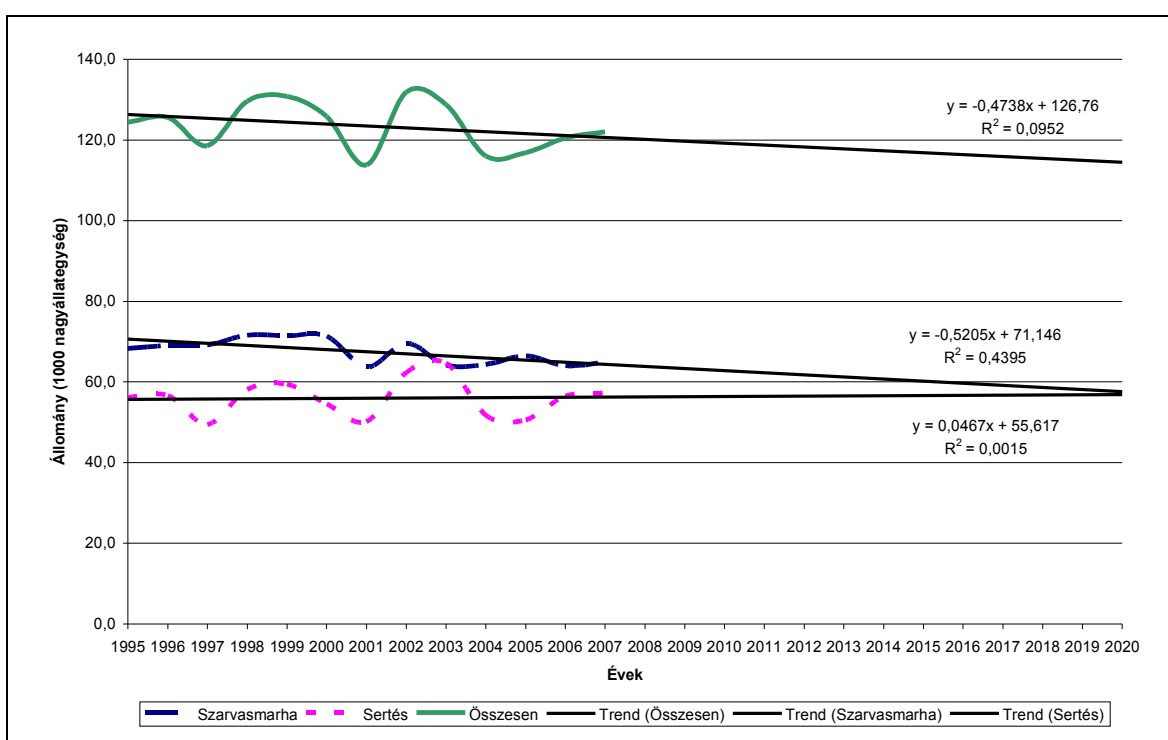
1. táblázat: Egyes állatfajok fajlagos biogázpotenciálja

Vonatkoztatás	A trágyatermelés jellemzői	Me.	Szarvasmarha	Sertés	Juh	Tyúk	Pulyka
1 átlagos egyedre	éves trágyamennyiség	t, kg*	9,5	0,9	0,8	22,6*	129,6*
1 nagyállategységre	éves trágyamennyiség	t	11,9	8,0	11,9	5,7	6,5
Fajlagosan	szárazanyag-tartalom	%	28,8	4,5	28,8	71,2	73,1
	szervesanyag-tartalom		24,2	3,7	24,2	66,5	68,5
	a trágya éves fajlagos biogázhozama	m ³ /t	54,3	16,4	54,3	309,0	328,8
1 nagyállategységre	éves fajlagos biogázhozam	m ³	156,2	131,2	156,2	1162,0	1458,9
	éves fajlagos energiahozam	GJ	8,5	2,8	8,5	23,1	28,1

Forrás: saját számítások

2. Hajdú-Bihar megyében a szarvasmarha és sertés fajok **állománylétszámából** kiindulva meghatároztam az állományváltozás **trendjét** (1 *ábra*).

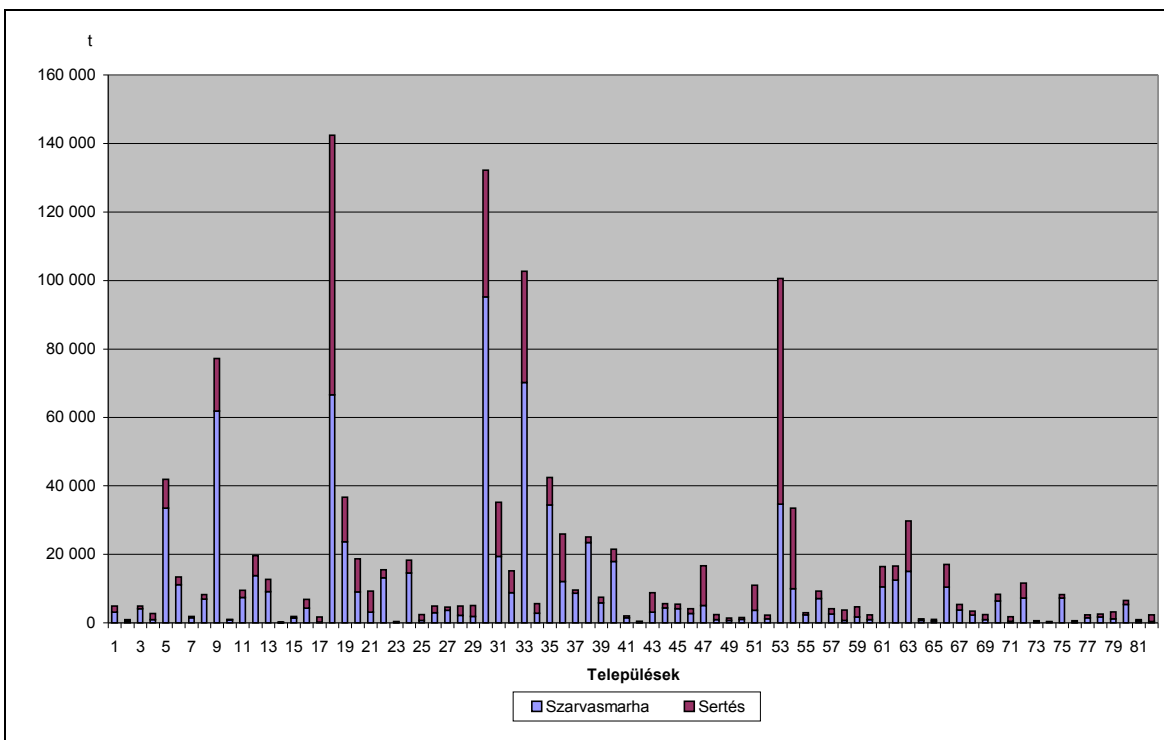
Összevontan a két fajból mintegy 126 ezer nagyállategység található, amiből a szarvasmarha 66, a sertés 60 ezer nagyállategységgel részesedik. Ez településenként átlag 800 ill. 730 nagyállategységet jelent a két fajból, ahol a szórás igen nagy: a minimumérték 5 ill. 15 nagyállategység, a maximum pedig 8000 ill. 9400 nagyállategység körül alakul. A megyében 1995 és 2007 között a szarvasmarha-állomány trendje csökkenő, évi átlag 651 egyeddel lett kevesebb (ez a 2000. évi állomány 0,7%-a), a sertésé szinte konstans, évi mintegy 410 egyeddel nő (ami a 2000. évi állomány 0,1%-a).



1. ábra: A szarvasmarha- és a sertésállomány változása Hajdú-Bihar megyében (1995 – 2020)

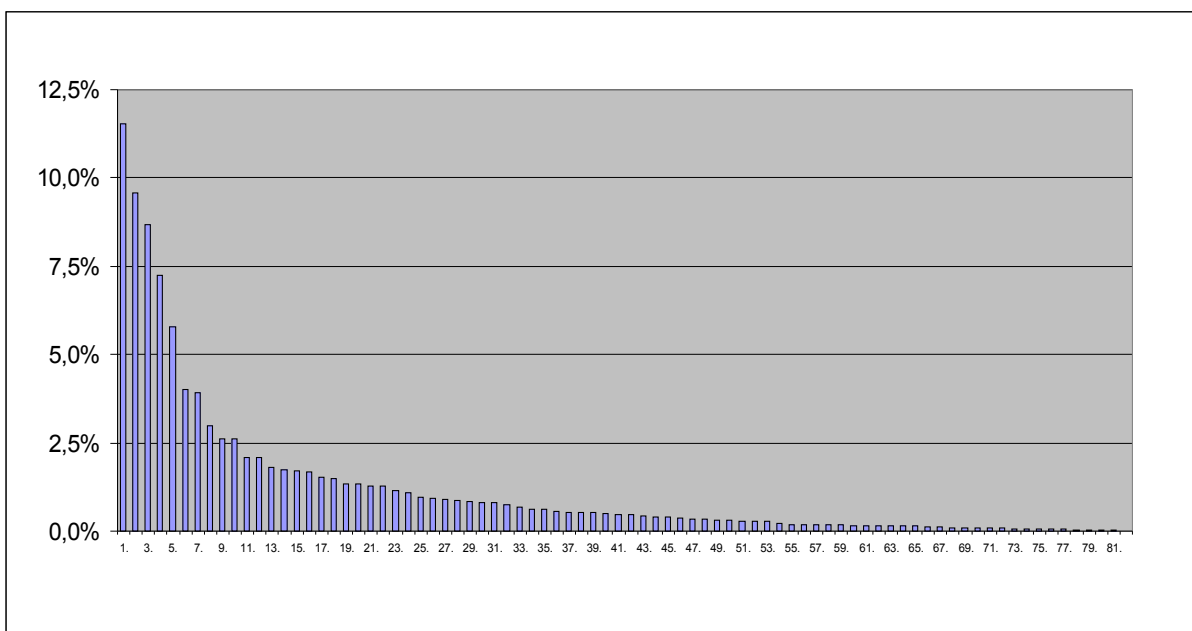
3. Meghatároztam a Hajdú-Bihar megyében az egyes **településeken** a keletkező szarvasmarha- és sertés trágya **menyiségét**, valamint az abból fejleszthető biogáz mennyiségét és **eloszlását**.

- A Hajdú-Bihar megyében keletkező szarvasmarha- és sertés trágya **menyisége** összesen mintegy 1 263 ezer t, ahol is a legkisebb érték 300 t, a legnagyobb pedig 142 ezer t körül alakul. A települések zömén (82-ből 71-en) kevesebb, mint 50 000 t/év alatti a keletkező trágya mennyisége (2. *ábra*).



2. ábra: Trágyamennyiség Hajdú-Bihar megyében a 2000-2005 évek átlagában

- A trágyából fejleszthető biogázpotenciál összesen mintegy 50 millió m³-t tesz ki, területi **eloszlása** néhány nagyobb központon kívül általában egyenletes: 72 településen 0-2,5%-nyi áll rendelkezésre, 5 településen 2,6-5%-nyi, 2 településen 5,1-7,5%-nyi, 2 településen 7,6-10%-nyi és 1 településen 10% fölötti (3. ábra).

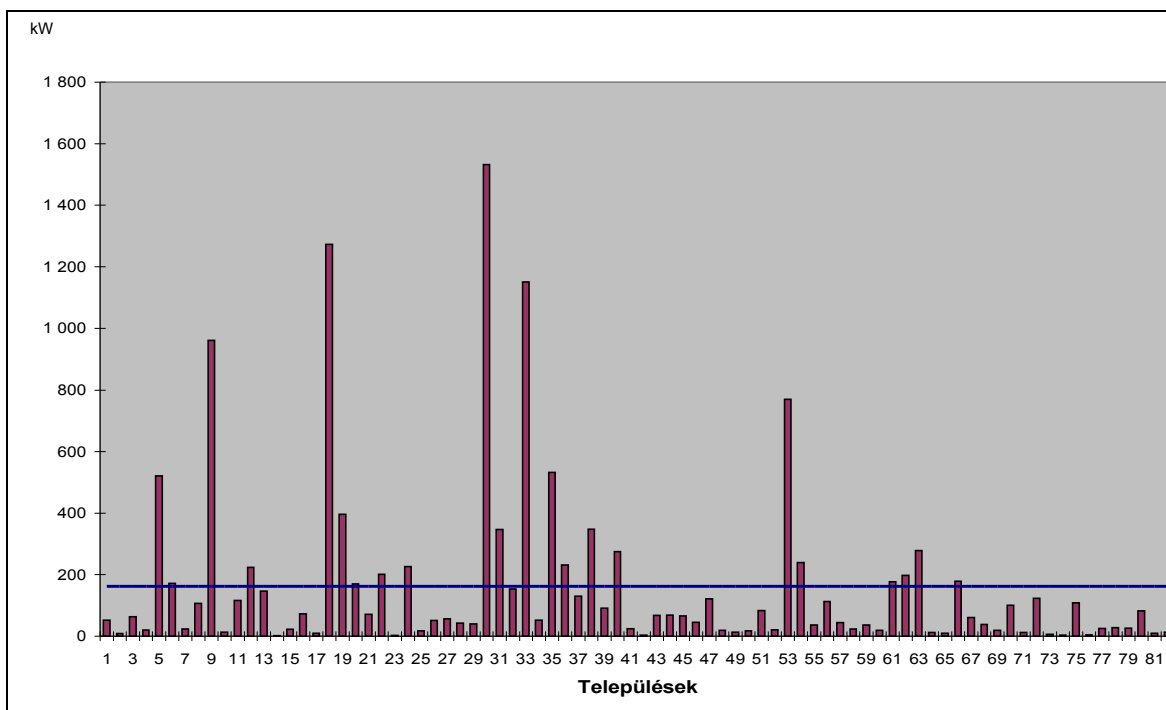


3. ábra: A megyei biogázpotenciál eloszlása a települések között

B) A biogázfejlesztésre felhasználható regionális biomasszapotenciál felhasználásának logisztikai számításaiban elért eredmények

4. 500, 300 és 100 kW_{el}-os minimális mérethatárral vizsgáltam a Hajdú-Bihar megye településeinek biogázpotenciáljához tartozó, szállítás nélkül és szállítással elérhető **üzemméreteket**, az adott alsó üzemi mérethatárral és településstruktúrával **kihasználható biogázpotenciált**, valamint mindennek a **szállítási igényét**.

- Megállapítottam, hogy a megyében a települések rendelkezésre álló biogázpotenciáljából egy településen közel 1500 kW_{el}, átlagosan mintegy 160 kW_{el} nagyságú üzemek létesítésére nyílik mód (4. ábra, az átlag vonallal jelölve). Az 500, 300 és 100 kW_{el}-os alsó mérethatárral elérhető összteljesítményt, minimális és átlagos üzemnagyságot, a biogáztermelésbe bevonható települések számát, hányadát és az elérhető biogázpotenciál-kihasználást a 2. táblázat tartalmazza; alsó méretkorlát nélkül elvileg 13,3 MW összteljesítményt lehetne megyei szinten elérni. Ugyancsak a 2. táblázatban láthatók a vizsgált mutatók értékei méretosztályonként.



4. ábra: Hajdú-Bihar megyében szállítás nélkül elérhető üzemméretek az egyes településeken

2. táblázat: Hajdú-Bihar megyében szállítás nélkül elérhető üzemméretek, a biogáztermelésbe bevonható települések száma és a biogázpotenciál-kihasználás

Jellemzők	Me.	A jellemzők a mérethatár csökkenésének sorrendjében (kW _{el})			A jellemzők méretkategóriánként (kW _{el})				Összes - átlag
		min. 500	min. 300	min. 100	500 fölött	300-500	100-300	100 alatt	
Bevonható települések	db	7	10	32	7	3	22	50	82
	%	8,5	12,2	39,0	8,5	3,7	26,8	61,0	100
Beépíthető teljesítmény	MW _{el}	6,7	7,8	11,6	6,7	1,1	3,8	1,7	13,3
Üzemméret (átlagos)	kW _{el}	963	783	363	963	363	172	33	162
Üzemméret (maximális)		1 533	1 533	1 533	1 533	396	278	91	1 533
Biogáz-potenciál-kihasználás	%	50,8	59,0	87,5	50,8	8,2	28,5	12,5	100

Forrás: saját számítás

- Az egyes erőművek méretét, és ezzel (össz)teljesítményét tovább **növelni** az **alanyag odaszállításával** lehet. Megvizsgáltam, hogy az 500, 300 és 100 kW_{el}-os minimális teljesítményhatárokat teljesítő településekre – mint központokba – szállított alanyaggal milyen mértékben lehet kihasználni a rendelkezésre álló állati trágya energiatartalmát, és ehhez mekkora szállítási igény párosul. A 3. táblázatban a **biogázpotenciál** 60, 70, 80, 90 és 100%-os **kihasználásához** tartozó szállítási munka látható. **A térségi adottságok mellett a legkisebb, 100 kW_{el}-os minimális nagysággal bíró erőművek megvalósításával szállítás nélkül is 85% fölötti erőforráskihasználás érhető el, ami gázkihozatal fokozó adalékok nélkül is 10,7 MW_{el} összteljesítményt jelent megyei szinten.**
- A 4. táblázatból megállapítható, hogy az összteljesítmény további 0,5, 1 illetve 1,5 MW_{el}-tal való növelése a min. 500 és min. 100 kW_{el}-os méretkategóriánál jár a legnagyobb **szállítási munkával**, míg a min. 300 kW_{el}-os alsó méretnagyságnál a legkevesebbel. **Fajlagosan** is a bővítés a 300 kW_{el}-os alsó mérethatárnál a legkisebb szállítási igényű, 3,1; 5,2 ill. 5,4 tkm/kW_{el} pótlólagos szállítási ráfordítással.

3. táblázat: A biogázpotenciál kihasználása az egyes méretkategóriákban

Jellemző	Me.	Méret-határ (kW _{el})	Potenciálkihasználás szintjei				
			60%	70%	80%	90%	100%
Összes beépíthető teljesítmény	MW _{el}	-	8,1	9,3	10,7	11,9	13,3
Települések száma	db	500	16	25	35	53	82
		300	12	25	35	54	82
		100	11	16	24	44	82
		100*	11	16	24	32	32
Átlagos szállítási távolság	km	500	9,7	11,2	13,5	15,8	19,2
		300	5,8	9,9	12,5	15,5	19,1
		100	0,0	0,0	0,0	5,0	11,4
Szállított trágya tömege	ezer t	500	131,9	253,6	374,1	483,8	623,2
		300	13,7	149,1	277,1	388,8	526,2
		100	0,0	0,0	0,0	29,5	170,2
Fajlagos szállítási munka	tkm kW _{el}	500	157,3	304,6	471,6	639,6	900,2
		300	10	158	323,5	504,4	755
		100	0,0	0,0	0,0	12,2	157,3
Átlagos üzemméret	kW _{el}	500	1 160	1 330	1 530	1 710	1 900
		300	800	930	1 070	1 200	1 330
		100	740	580	450	370	410

Forrás: saját számítás

*Megjegyzés: a településekből az 500 kW_{el}-os méretnél 7 db, a 300 kW_{el}-os méretnél 10 db, a 100 kW_{el}-os mérethatárnál a táblázatban jelölt számú körzetközpont szükséges az egyes mérethatárok eléréséhez.

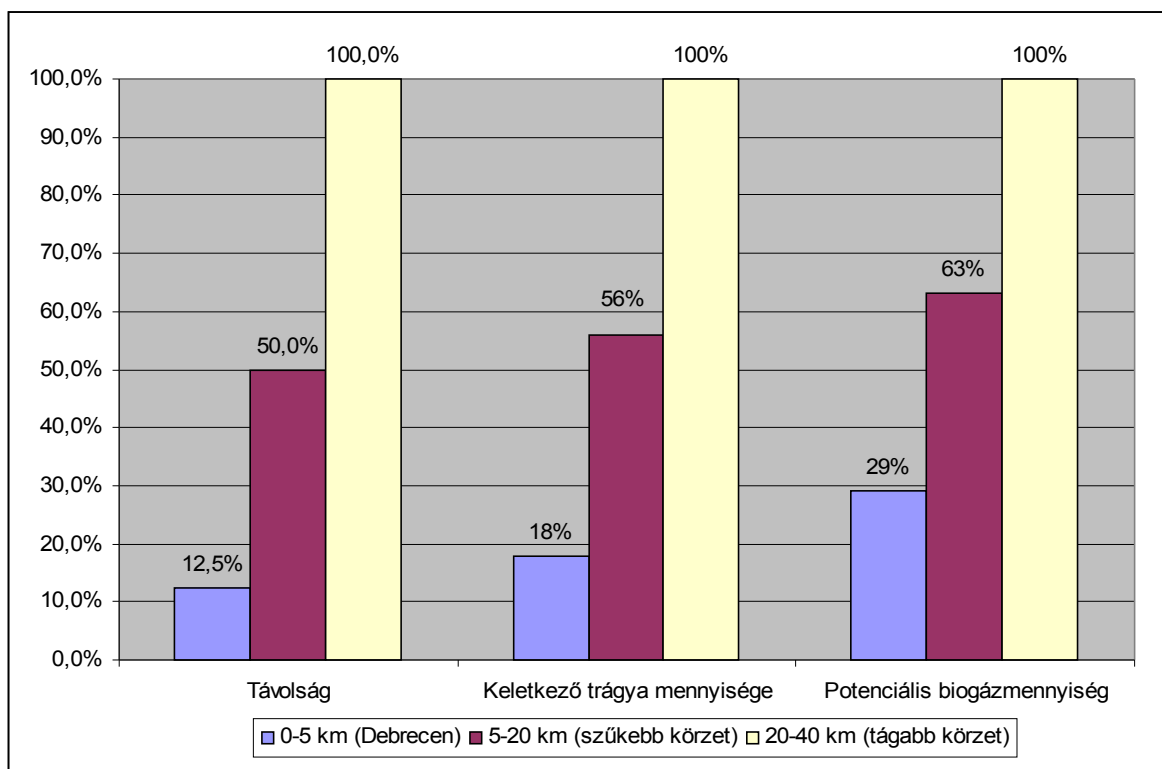
4. táblázat: Az összteljesítmény növelésének szállításiigénye az 500, 300 és 100 kW alsó mérethatárral rendelkező biogázüzemeknél, a szomszédos települések bevonásával

Jellemző	M.e.	Méret-határ (kW _{el})	Összteljesítmény-növelés (MW _{el})			
			-	+0,5	+1	+1,5
Összteljesítmény	MW _{el}	500	7,8	8,3	9,9	10,8
		300	6,7	7,2	7,7	8,2
		100	11,6	12,1	12,6	13,1
Összes szállítási munka	ezer tkm	500	0,0	509,1	837,9	1 423,2
		300	0,0	25,8	51,3	59,0
		100	0,0	44,9	89,5	154,4
Fajlagos szállítási munka	tkm kW _{el}	500	0	70,3	108,2	172,7
		300	0	3,1	5,2	5,4
		100	0	3,7	7,1	11,8

Forrás: saját számítás

Vizsgálataim szerint a megyei adottságok állati trágya esetében a vizsgált méretkategóriák közül a legkisebb, 100 kW-os minimális nagyságú erőművek **megvalósítását** indokolják, mivel ezekkel **szállítás nélkül is 85% fölötti erőforráskihasználás érhető el**. A fajlagos szállítási teljesítmény alapján azonban, amennyiben ezt egyéb (energetikán kívüli) szempontok indokolják, a 300 kW-os mérethatárnál kijelölt körzetközpontokra történő **ráhordás** a tanácsos. (Ekkor az átlagos üzemnagyság a 10 település körében rendre 830, 990, 1 080 kW lesz.)

5. Kimutattam, hogy Debrecen mint körzetközpont körül a szarvasmarha, sertés, tyúk és pulyka állományok trágyájából nyerhető biogázmennyiség **koncentrálódása** jelentős fokú. A Debrecen körüli 20 és 40 km-es sugarú körzet vizsgálata kimutatta, hogy a tágabb körzethez viszonyítva a szűkebb körzetben (fele akkora szállítási sugárral, negyed akkora területen) a biogázpotenciálnak több mint 60%-a rendelkezésre áll. Debrecen 5 km-es körzetében pedig a biogázpotenciál majdnem harmada található meg (5. ábra).



5. ábra: A Debrecen körüli biogázpotenciál koncentrálódása

6. Számításokkal meghatároztam a vizsgált biogázfejlesztési **alanyagok legnagyobb szállítási távolságát a szállítás energiamérlege alapján**. Az alanyagok szállítási

energiaigénye (nehéz tehergépkocsival földúton 1,05, közúton 0,93 MJ/tkm) és a belőlük kinyerhető biogáz energiataralma (MJ/t) alapján meghatároztam azt a szállítási távolságot (km), ahol a szállítás energiaigénye eléri a kinyerhető energia mennyiségét. A számított távolságot meghaladó szállítást az energiamérlegen túli egyéb tényezők indokolhatják ill. tehetik lehetővé (pl. környezetvédelmi szempontok, fosszilis energiaforrások elérhetőségének romlása, munkahelyteremtés ill. -megőrzés). Az energiamérleghez tartozó legnagyobb szállítási távolság az 5. táblázatban látható. Megállapítottam, hogy energiamérlegük alapján a vizsgált alapanyagok közül az alom nélküli tartásból származó sertés hígtrágyát (4,5% szárazanyagtartalom mellett) fázisbontás nélkül gyakorlatilag nem érdemes tengelyen szállítani, a kérődzők esetében csak szomszédos üzemek között, míg baromfitrágya esetén települések között is célszerű lehet szállítása.

5. táblázat: Az állatfajonkénti energiaegyensúlyi szállítási távolság

Állatfaj	Biogázenergia- egyenérték	Szállíthatóság földúton	Szállíthatóság közúton
	MJ/t	km	km
szarvasmarha	1,20	1,14	1,29
sertés	0,36	0,35	0,39
juh	1,20	1,14	1,29
tyúk	6,80	6,49	7,31
pulyka	7,23	6,91	7,78

Forrás: saját számítás

C) A biogázfejlesztésre alkalmas mezőgazdasági biomasszapotenciál felhasználási hatékonyságának fejlesztésében elért eredmények

Kísérleti vizsgálatok eredményei

7. A kísérletek során a minták **szállítása** kapcsán fellépő **erjedési veszteségek** meghatározására mértük a minták hőmérsékletét és pH-ját a szállítás elején és végén. A hőmérséklet méréséből kiderült, hogy a szállítás közben a minták hőmérséklete csökkent, a pH pedig a várt savasodás helyett kissé emelkedett (egy kivétellel) (6. táblázat), így a vizsgáló laboratóriumokig megtett mintegy három órás út alatt nem következett be olyan változás, amely a minták beltartalmának és a gázkihozatalának kiértékelését alapvetően befolyásolta volna.

6. táblázat: Hőmérséklet és pH-változás a kísérleti minták szállítása során

Minta ssz.	Minta megnevezése	Hőmérséklet (°C)		pH érték	
		Mintavétel	Laboratórium	Mintavétel	Laboratórium
T03	fermentált zagy (híg fázis)	41,0	22,0	8,0	8,5
T04	kukorica+cirok szilázs	27,0	22,2	4,0	4,1
T05	szarvasmarha almos trágya	36,0	22,5	7,4	7,2
T06	fermentált zagy (szilárd fázis)	41,0	22,0	8,1	8,7

Forrás: FVM MGI mérés

8. Magyarországon eddig még nem közölt módszer alapján, beltartalmi adatokból kiszámítottam a minták **elméleti gázkihozatalát**. Az eredmények a *7. táblázatban* láthatók.

7. táblázat: A minták elméleti gázkihozatala

Minta a ssz.	Minta megnevezése	Gáz-kihozatal	CH ₄ -arány	CH ₄ -kihozatal	Gáz-kihozatal	CH ₄ -kihozatal
		NI/kg sze.a.	V%	NI/kg sze.a.	NI/kg e.a.	NI/kg e.a.
T01	vágóhídi szennyvíz	4404,2	68,6	3021,6	2,0	1,4
T02	szennyvíziszap	287,8	55,8	160,7	8,7	4,8
T03	fermentált zagy (híg fázis)	1565,4	70,5	1103,6	21,1	14,8
T04	kukorica+cirok szilázs	498,2	53,4	265,8	111,0	59,2
T05	szarvasmarha almos trágya	381,2	54,5	207,8	57,9	31,6
T06	fermentált zagy (szilárd fázis)	437,6	52,9	231,5	92,0	48,7
T07	kukorica+cirok szilázs	499,5	52,6	263,0	112,5	59,2
T08	szarvasmarha almos trágya	474,1	54,2	257,0	56,8	30,8
T09	inokulum szarvasmarha hígtrágya	375,4	51,3	192,7	24,3	12,5
T10	fermentált zagy (híg fázis)	1244,8	70,8	881,7	17,2	12,2
T11	fermentált zagy (szilárd fázis)	435,5	53,1	231,1	75,7	40,2

Forrás: saját számítás

Megjegyzés: e.a.: eredeti anyag, sze.a.: szerves anyag

9. **Gázkihozatali** mérésekkel határoztuk meg **szennyvíziszap** (T01-06 minták) és **szarvasmarha hígtrágya** (T07-T11 minták) mint **oltóanyag** alapján különböző **adalékanyagok** hatását a gázkihozatalra. Az eredményeket a számított elméleti értékekkel is összevetettük (8. táblázat). A két kísérletsorban mért gázkihozatali értékek közt az eltérés részben az eltérő oltóanyagból, részben az egyes sorozatokhoz alapul vett minták eltérő beltartalmából adódott.
10. Különböző aprítottsági fokú kukoricaszilázsból azonos mennyiséget keverve az oltóanyaghoz, vizsgáltuk az **eltérő aprítottsági** fok hatását. Az aprítási kísérletek során sikerült eltérést kimutatni, bár a kísérletek nem adtak egyértelmű eredményt, ugyanis az első mérésnél az aprítatlan szilázs, második méréssorozatban az 1. aprítási fok adta a legnagyobb gázkihozatalt (8. táblázat, a T04 ill. T07 minták esetében). Észrevehető még az is, hogy a 2. méréssornál az 1., 2. és 3. aprítási fokra mért értékekből 30 napra korrigált gázkihozatal meghaladta az elméletileg várható értéket is, ami az első méréssorozatban egyik beállítással sem fordult elő. Ezt valószínűleg az okozhatta, hogy a 2. sorozatban a mérések a termelési görbe intenzív részén álltak le, tehát időarányosan kivetítve a gáztermelést nagyobb érték adódott, mint amit a termelés végigfutása eredményezett volna.
11. A **biogázerjesztés outputjának** fázisbontásos vizsgálatai során megállapítottam, hogy a vizsgált szeparátumok a folyamat elejére visszavezetve a **kísérletek egy részében gáztermelésre alkalmasak** voltak (8. táblázat, T10 és T11 minták). A T03 és T06 minták esetében a gáztermelés feltehetően a szarvasmarhatrágya alapú biogázfermentátum és a szennyvíziszap eltérő baktériumkultúrájának összeférhetlenségéből adódott. Megállapítást nyert továbbá, hogy a biogáz-fermentármaradék fázisszétválasztás utáni híg fázisa beltartalmi mutatói alapján a folyamat **technológiai vízigényének biztosítására** alkalmasabb, mint a vizsgált élelmiszeripari szennyvíz.

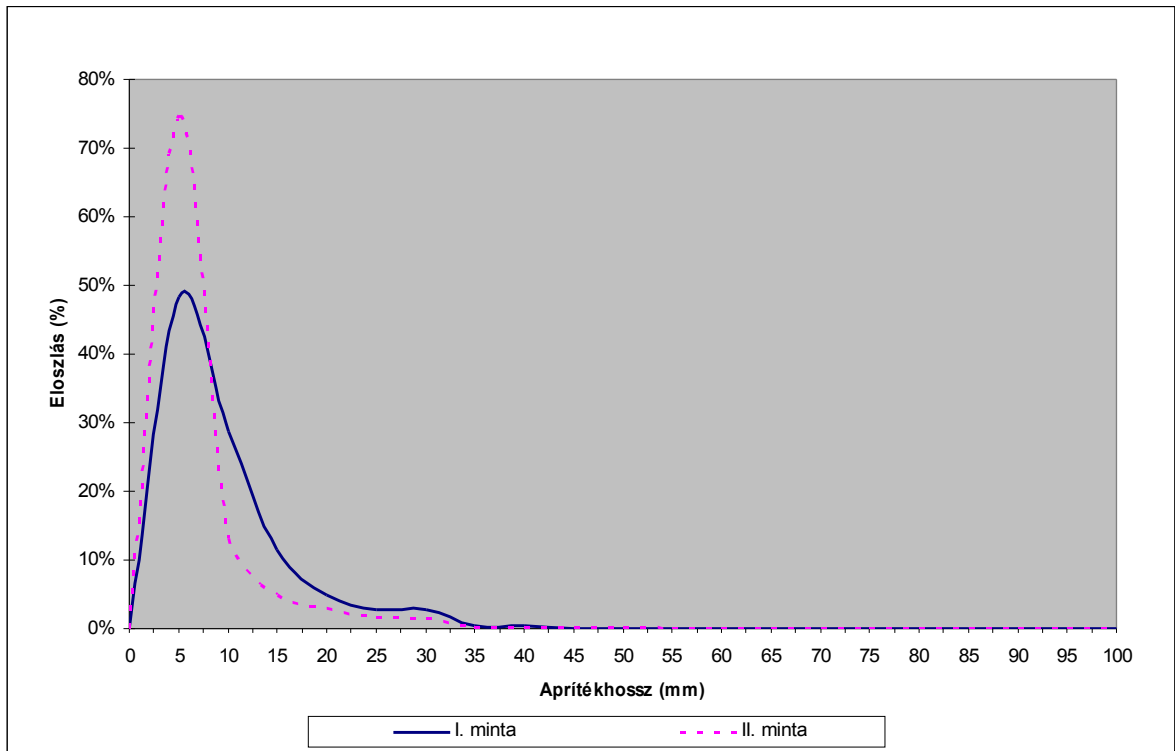
8. táblázat: A minták mért és elméleti gázkihozatala

Sor-szám	o.a.	Minta megnevezése	Kísérleti gáz-termelés	Gáz-termelés 30 napra	Elméleti gázkihozatal	Eltérés az elméleti értéktől	Gázkihozatal
			[NI/kg sze.a.]	[NI/kg sze.a.]	[NI/kg sze.a.]	[NI/kg sze.a.]	NI/kg e.a.
T01	szi	vágóhídi szennyvíz	0	0	4 404,20	-4 404,20	2
T02	szi	szennyvíziszap	–	–	287,8	-287,8	8,7
T03	szi	szeparált híg fázis	0	0	1 565,4	-1 565,4	21,1
T04	szi	szilázs aprítatlan	137,5	412,5	498,2	-85,7	111
	szi	szilázs 1. aprított	91	273	498,2	-225,2	111
	szi	szilázs 2. aprított	135,3	405,9	498,2	-92,3	111
	szi	szilázs 3. aprított	123,8	371,4	498,2	-126,8	111
T05	szi	szarvasmarha trágya	80,9	242,7	381,2	-138,5	57,9
T06	szi	szeparált szilárd fázis	0	0	437,6	-437,6	92
T07	szh	szilázs aprítatlan	4,9	147	499,5	-352,5	112,5
	szh	szilázs 1. aprított	29,2	876	499,5	376,5	112,5
	szh	szilázs 2. aprított	26,5	795	499,5	295,5	112,5
	szh	szilázs 3. aprított	24,4	732	499,5	232,5	112,5
T08	szh	szarvasmarha trágya	12,5	375	474,1	-99,1	56,8
T09	szh	inokulum sz.m.	–	–	375,4	-375,4	24,3
T10	szh	szeparált híg fázis+ szilázs (1%)	31,1	933	1 244,8	-311,8	17,2
T11	szh	szeparált szilárd fázis	8,5	255	435,5	-180,5	75,7

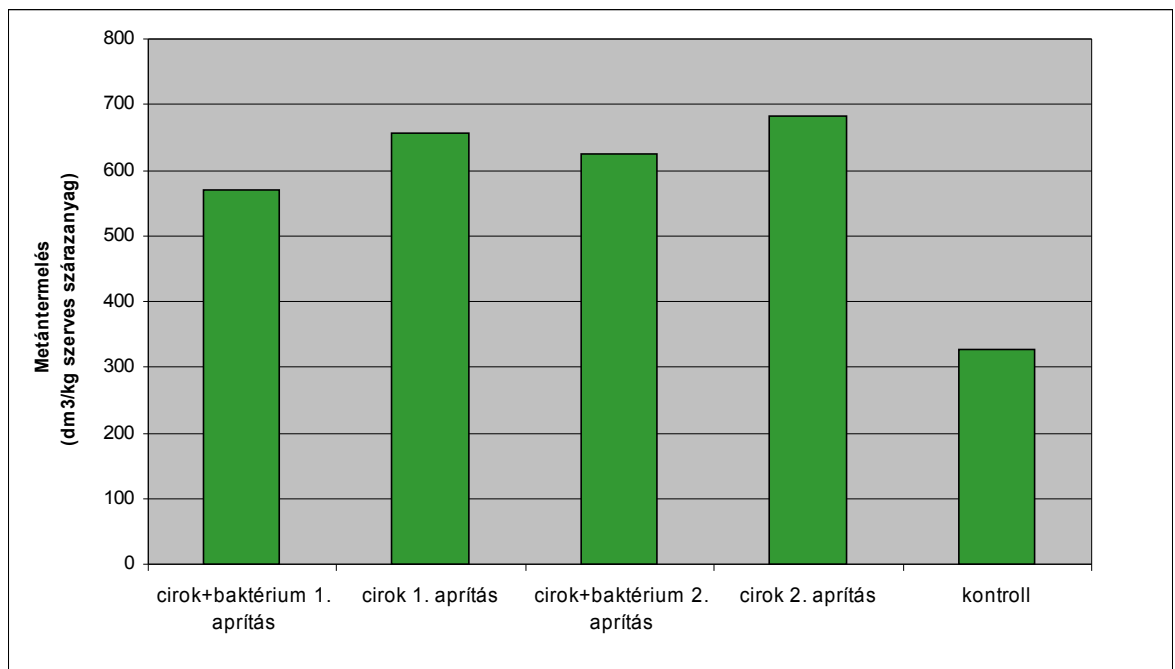
Forrás: FVM MGI kísérleti mérések és saját számítás

Megjegyzés: e.a.: eredeti anyag, o.a.: oltóanyag, sze.a.: szerves anyag, szi.: szennyvíziszap, szh: szarvasmarha hígtrágya

12. Cukorcirok adalékanyag hatását vizsgálva a gázkihozatalra megállapítottuk, hogy az **aprított alapanyag eltérő méreteloszlása** (6. ábra) nem befolyásolja szignifikánsan a biogáztermelést, ha az átlagos szecskahosszban nincsen szignifikáns eltérés.
13. Cukorcirok adalékanyag hatását vizsgálva a gázkihozatalra megállapítottuk, hogy az önmagában adagolt és a vizsgált oltóbaktériummal kezelt cukorcirok apríték biogázkihozatala közt egyik aprítottsági változatnál sem volt statisztikailag igazolható mértékű eltérés. A 21 napos, folyamatos rendszerű mérésből a **cukorcirok adalék fajlagos metántermelése** a négy beállítás átlagában $619 \text{ dm}^3/\text{kg}$ -nak adódott, a **sertéshígtrágya fajlagos metántermelése** $326 \text{ dm}^3/\text{kg}$ volt. (7. ábra).



6. ábra: Cukorcirok apríték hosszeloszlása



7. ábra: Cukorcirok adalék gáztermelése

A rendszerszintű előnyök elméleti vizsgálatainak eredményei

14. Számításaimmal kimutattam, hogy az állattartásban és a feldolgozóiparban a biogázélejárás alkalmazásakor a **rendszerszintű**, rendszerszemléletű **fejlesztésekkel** jelentős előnyök elérhetők el, mind térségi, mind üzemi szinten.

- Az **összes és a fajlagos energiatermelés** 7,5–53%-kal **növelhető**, ha a biogáz termelése egy adott helyen több ágazat összehangolásával történik. (9. táblázat). A szarvasmarha és sertés trágyájának együttermelésére fellelt szakirodalmi együttműködésekkel kiszámítva évi +647,9 m³ (+7, 5%) biogáz termelhető ahhoz képest, ha külön erjesztjük a sertés és a szarvasmarha trágyáját. A szarvasmarhatrágya bekeverése növelte a sertésbérgyá szárazanyag-tartalmát (a sertésbérgyához viszonyítva több, mint másfélszeresre), bár 1:1 arányban adva összességében nem éri el a kívánt 8%-ot. Az egységnyi szerves anyagra vetített gáztermelés a sertésbérgyá esetében magasabb, a keverés hatására a szarvasmarhatrágyához képest mérhető javulás, az egységnyi reaktortérfogatra (avagy betáplált trágyamennyiségre), illetve nagyállategységre vonatkoztatott gáztermelés viszont – a nagyobb szárazanyag-tartalomból adódóan – a szarvasmarhatrágya esetén nagyobb; így összességében a sertésbérgyával szemben érhető el javulás (9. táblázat). Bár (az adott keverési aránynál) a javító hatás összességében 10% alatti, az együttermelés ezen a szinten is azzal az előnnyel jár, hogy a szarvasmarhatrágya szivattyúzhatóvá válik, a sertésbérgyá kezelése pedig jelentősen gazdaságosabbá válik.
- A vizsgálatok során azt is kimutattam, hogy pusztán az ágazatok összehangolásával a legjobb méretgazdaságossághoz **szükséges üzemméret elérhető** az adott helyen sertés és szarvasmarha fajok trágyájából is. Amint az a 10. táblázatban látható, az 500 kW elektromos teljesítmény eléréséhez szükséges 41 TJ energiát szolgáltató 1,87 millió m³ biogáz sertés esetében egyik településen sem termelődik meg, az 1. település esetében pedig szarvasmarhából sem. Összevontan azonban mind a hét településen telepíthető ez az erőműnagyság. Az első településen így létesíthető üzem 7,7%-ot tesz ki az e körben vizsgált összes biogázpotenciálból. A többi településen a sertésbérgyák bevonása az üzemek termelését 18%-kal növeli. A sertésbérgyák az össztermelésből 14,5%-ot tesznek ki.

9. táblázat: A keletkező biogáz mennyisége, energiatartalma, mutatói

Mennyiség	Me.	Sertés- trágya	Szarvas- marha- trágya	Külön erjesz- tés	Együtt - erjesz- tés	Változás a külön erjesz- téshez képest	Változás a kisebb részdát- hoz képest
nagyállat- egység	n.e.	11,39	2,52	13,91	13,91	-	-
trágya(éves)	t	278,63	47,57	326,19	326,19	-	-
sz.a.	%	4,00	22,41	-	6,68	-	167,11%*
sz.a. (éves)	t	11,15	10,66	21,80	21,80	-	-
sze.a. (éves)	t	9,13	9,13	18,25	18,25	-	-
sze.a. (40 nap)	t	1,00	1,00	2,00	2,00	-	-
biogáz/ sze.a. (40 nap)	m ³ /t	569	380	949	1020	107,48%	179,26%**
biogáz (éves)	m ³	5192,13	3467,50	8659,63	9307,50	107,48%	179,26%**
éves biogáz/ reaktor- térfogat***	m ³ / m ³	18,63	72,90	26,55	28,53	107,48%	153,12%*
éves gáz/ állatlétszám	m ³ /n.e.	455,85	1375,99	622,55	669,12	107,48%	146,79%*

Forrás: saját számítás; sz.a.: szárazanyag , sze.a.: szervesanyag

* A sertés trágyához képest

** A szarvasmarhatrágyához képest

*** A reaktortérfogat a betáplált trágya térfogatából következik, ahol a 1 t trágya 1 m³ térfogatnak felel meg (Fenyvesi et al., 2003)

10. táblázat: A kérődzők és a sertés telepek állatállományán alapuló biogáztermelés lehetőségei a vizsgált településeken és üzemméret-tartományban

Me.: 1000 m³

Települések	Potenciálisan kinyerhető biogáz mennyisége		
	Szarvasmarha	Sertés	Összesen
1.	1 822	125	1 947
2.	3 365	231	3 595
3.	3 619	1 141	4 760
4.	5 176	556	5 732
5.	3 816	489	4 305
6.	1 875	119	1 994
7.	1 886	991	2 877
Összesen:	21 559	3 652	25 211

Forrás: saját számítás

5. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ, ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

1. A térségi **biogázpotenciál** meghatározásához **együtthatókat képeztem** a szarvasmarha, sertés, juh, tyúk és pulyka fajok fajlagos trágyatermelésére és biogáztermelésére. Az együtthatók segítségével meghatározható egy térség **biogázpotenciálja**. A települési állományadatok felhasználásával megállapítottam Hajdú-Bihar megye állati trágyára alapozható teljes biogázpotenciálját, valamint ennek eloszlását az egyes települések között.
2. **Módszert** dolgoztam ki az **üzemméretek** meghatározására és a **biogázfejlesztési körzetközpontokra** történő **alapanyag-ráhordás logisztikai kiértékelésére a fajlagos szállítási munka** ($\text{tkm/kW}_{\text{el}}$) alapján. Az adott településszerkezet és településenkénti alapanyagmennyiség mellett meghatároztam, a körzetközpontokra történő alapanyag-ráhordás szempontjából Hajdú-Bihar megyében a vizsgált 100, 300 és 500 kW_{el} -os mérettartományok közül a min. 300 kW_{el} -osat célszerű figyelembe venni.
3. Meghatároztam a vizsgált biogáztermelési **alapanyagok energiaegyensúlyi szállítási távolságát**. Megállapítottam, hogy a vizsgált alapanyagok közül a sertéstrágyát 4,5% szárazanyagtartalom mellett energetikai szempontból nem célszerű tengelyen szállítani, kérődzök esetében csak a szomszédos üzemek között, míg baromfitrágya esetén települések között is célszerű lehet a szállítás.
4. A biogázjelzés **hatékonyságnövelésének kísérletes kutatásai** során megállapítottam, hogy az aprított alapanyag eltérő méreteloszlása nem befolyásolja szignifikánsan a biogáztermelést, ha az átlagos szecskahosszban nincs szignifikáns eltérés. Kísérletekkel mutattam ki a **biogáz output** részbeni újrafelhasználásának és a **cukorcirok** és a **silókukorica** adaléknak a gázkihozatal-fokozó hatását.
5. **Számításokkal** bizonyítottam, hogy a különböző ágazatokból származó **trágyák együttes** **együttes** **szállítási** **terhelésével** az alapanyagok változatlan összömege mellett a **gáztermelés nő**. Számításokkal igazoltam, hogy a méretgazdaságossághoz **szükséges üzemméret** az adott helyen a különböző állattenyésztési ágazatokból származó alapanyagok együttes felhasználásával is **elérhető**.

6. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A biogáztermelés szempontjából legfontosabb állatfajokra kidolgozott együttthatók, valamint számítás módszere a biogázerművek tervezésénél, a megvalósíthatóság mérlegelésénél hasznosítható.
2. A Hajdú-Bihar megyében felmért biogázpotenciál a területi tervezést, a biogázüzemek létesítését segítő támogatások kiírását segítheti. Környezetvédelmi és erőforrás-gazdálkodási szempontból a legalsó mérethatárnál elérhető 85%-os alapanyag- illetve biogázpotenciál kihasználás már igen jónak mondható. Ezeknél a 100 kW_{el} minimum teljesítményű létesíthető üzemeknél az energiaelőállításból is még éppen megtérül egy beruházás (Bai et al., 2007), bár gazdaságilag vonzóvá csak támogatással válik.
3. Az 500 kW_{el} alsó mérethatárnál elérhető 50%-os potenciálkihasználás és 6,7 MW_{el} teljesítmény a térség energiaellátása, a decentralizált rendszer kiépülése szempontjából mindenképpen fontos eredménynek számít.
4. A szállítás igénybevételével a 300 kW_{el}-os mérethatárnál kijelölt üzemek is megközelítik illetve meghaladják az 500 kW_{el}-os mérethatárt. Ezt indokolja, hogy a fajlagos szállítási munka alapján Hajdú-Bihar megyében sertés- és szarvasmarhatrágyára alapozott biogáztermelésnél a 300 kW_{el}-os alsó mérethatárnál kijelölt körzetközpontokra történő ráhordás az optimális.
5. A Debrecen körüli 5, 20 és 40 km-es körzet vizsgálata kimutatta, hogy a tágabb körzethez viszonyítva helyben a biogázpotenciál majdnem harmada található meg, holott a kör sugara negyede, területe pedig 1/16-a annak: a biztos energetikai felvevőpiacnak számító Debrecen 5 km-es körzetében a teljes körzet biogázpotenciáljának 29%-a kiaknázzható, ami 10,5 millió tonna olaj kiváltásával egyenértékű.
6. A fermentmaradék vizsgálatoknál megállapítottam, hogy fázisszétválasztás után a szilárd fázis szervesanyagtartalma 83,4%, szárazanyagtartalma 25,5%, a szeparált híg fázisé pedig 66,7% és 2,15%. A számottevő mennyiségű erjeszhető anyagot tartalmazó fermentmaradék visszavezetéssel történő hasznosítása az energiatermelés növelése mellett stabilizálja a folyamatot.
7. Kísérletekkel bizonyítottam, hogy az alacsony szervesanyagtartalmú baromfivágóhídi szennyvízzel a gázképződés nem indul be. Javaslatom szerint a potenciálisan

biogázfejlesztésre alkalmas, gyakorlatilag számottevő szerves anyagot nem tartalmazó anyagok zsírleválasztás utáni aerob kezelése a célszerű.

8. A beltartalmi méréseknél megállapítottam, hogy az automata elemanalizátorban alkalmazott égetéssel Dumas módszer esetében az N-tartalom értékek tendenciaszerűen alacsonyabbak, mint a Kjeldahl-féle össznitrogén-meghatározásnál. Az összehasonlíthatóság, és az átszámíthatóság érdekében célszerűnek látszik további vizsgálatok végzése, a két módszer eredményei közötti korreláció szorosságának és az azt befolyásoló tényezők szerepének megállapításával. Ily módon külön műszerberuházás nélkül is azonos eredményre lehet majd jutni a C/N arány meghatározásakor, ami kisebb, alkalmi mintavizsgálat esetében előnyös.
9. A biogázhozam megállapításához alkalmazott folyamatos és szakaszos elrendezésű kísérleteket összehasonlítva megállapítottam, bizonyos esetekben a folyamatos üzemű kísérletek előnyösebbek a szakaszos üzeműeknél. Nyerhető adatmennyiség szempontjából fontos, hogy azonos számú (21 db) gázkihozatali adathoz szakaszos üzemben 21 edény szükséges a kiejáratás idejéig (21 vagy 30 nap), míg folyamatos üzemben egy edény elég, hogy a 21. napra (összidőben a 42. napra) megkapjuk ezt az adatmennyiséget. Ez utóbbi módszer alkalmazásának feltétele a rátöltéshez szükséges anyag állandó összetételének biztosítása a kísérlet folyamán.

7. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

IDEGEN NYELVŰ LEKTORÁLT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK: 2

1. Bai, A. - Grasselli, G. – Szendrei, J. – Kormányos, Sz. (2007): Economic Evaluation of Scaling of Agricultural Biogas Plants. Hungarian Agricultural Engineering, No. 20, p. 23-25.
2. Grasselli, G. – Szendrei, J. (2008/in press). Biogas production coefficients for certain animal species. Acta Agraria Debreceniensis, Debrecen.

MAGYAR NYELVŰ LEKTORÁLT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK: 2

3. Szendrei J. (2005): A biomassza energetikai hasznosítása. Acta Agraria Debreceniensis, Debrecen, 2005/16. p. 264-272.
4. Szendrei J. – Grasselli G. (2006): A Debrecen 5, 20 és 40 km-es vonzáskörzetében termelődő állati trágya mennyiségének és biogázpotenciáljának vizsgálata. Acta Agraria Debreceniensis. 2006/22. különszám p. 64-68.

IDEGEN NYELVŰ LEKTORÁLT KONFERENCIA: 2

5. Szendrei J. (2005): Some Aspects of Biogas Production from Pig and Cattle Manure. Sustainable Agriculture across Borders in Europe. Debrecen, 6. May 2005. Conference Proceedings, p. 248-251.
6. Grasselli G. – Bai A. – Kormányos Sz. – Juhász Gy. – Szendrei J. (2006): Survey of the biomass energy potential in the area of Debrecen. The 4th International Symposium „Natural Resources and Sustainable Development”. Oradea, Október 10-11. Konferencia kiadvány 235.p.-240.p.

MAGYAR NYELVŰ LEKTORÁLT KONFERENCIA: 7

7. Szendrei J. (2005): Biogáztermelés lehetősége Debrecen környéki sertéstelepeken. AVA konferencia, Debrecen, 2005. április 7-8. CD-melléklet.
8. Szendrei J. (2005): A kérődzők trágyájából történő biogáztermelés növelhetőségének vizsgálata a debreceni kistérségben. Tavaszi Szél 2005 konferencia, Debrecen, 2005. május 5-8. Konferencia kiadvány, p. 372-375.
9. Grasselli G. – Szendrei J. (2006): Mezőgazdasági és élelmiszeripari, biogáz előállítására alkalmas biomassza felmérése Debrecen térségében. MTA AMB XXX. K+F Tanácskozás, Gödöllő, 2006. január 24.
10. Szendrei J. (2006): Biogázgyártási technológiák összehasonlító elemzése. MTA AMB XXX. K+F Tanácskozás, Gödöllő, 2006. január 24. (Poszter.)

11. Szendrei, J. – Grasselli, G. (2007). Biogázüzemben feldolgozott hígtrágya fázisbontásának kérdései. MTA AMB XXXI. Tematikus Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő, 2007 január 23.
12. Grasselli G. - Szendrei J. – Pálincás I. - Tóvári P. – Petis M. (2008): Biogázüzemben feldolgozott input és output anyagok vizsgálatai. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő, 2008. január 22.
13. Szendrei J. - Grasselli G. (2008): A Hajdú-Bihar megyében termelődő trágyák biogázpotenciáljának kihasználási szintjei különböző méretű biogázüzemekben. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő, 2008. január 22. (Poszter.)

IDEGEN NYELVŰ NEM LEKTORÁLT KONFERENCIA: 5

14. Grasselli G. – Grasselli N. – Varga E. – Szendrei J. (2004): Biomasse Potential in der Region Debrecen. Ökotech Kiállítás és Konferencia. Budapest, 2004. október 27-28.
15. Szendrei J. – Grasselli G. (2005): Für die Biogaserzeugung geeignete Biomassepotential in der Umgebung von Debrecen, Ungarn. 5. Internationales Symposium „Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen” – Fachtagung Biogas. Erfurt, 2005. szeptember 1-2. Konferencia-kiadvány, p. 119.
16. Bai, A. - Grasselli, G. – Kormányos, Sz. – Szendrei, J. (2005): Future use of biogas in Debrecen – possibilities in public transport. Waste to Energy Conference. Jyväskylä, 2005. szeptember 14-17. <http://www.jykes.fi/?action=juttu&ID=510>
17. Bai, A. - Grasselli, G. – Kormányos, Sz. – Szendrei, J. (2005): Potential of basic material for biogas production in the Debrecen area. Poster presentation. Waste to Energy Conference. Jyväskylä, 2005. szeptember 14-17. <http://www.jykes.fi/?action=file&id=107&file=107.doc>
18. Grasselli, G. – Szendrei, J. (2007). Situation und Perspektiven der Nachwachsenden Rohstoffe in Ungarn. Lausitzer Technologiezentrum 13. Symposium: Biomasse – eine Chance für die Lausitz. Lauta, 2007. június 15. http://www.lautech.de/pdf/Bio_Symposium_15.06.07_Vortrag3.pdf

MAGYAR NYELVŰ NEM LEKTORÁLT KONFERENCIA: 10

19. Szendrei J. (2004): A biomassza energetikai felhasználásának jelentősége, lehetőségei. A jövő tudósai, a jövő Magyarországa. Doktoranduszok konferenciája, Debrecen, 2004. november 15.
20. Szendrei J. (2005): Biogáz előállítása mezőgazdasági hulladékokból. Országos Biokultúra Találkozó. Hajdúnánás, 2005. május 28.
21. Grasselli G. – Szendrei J. (2005): Biogázpotenciál a debreceni régióban. Energoexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia. Debrecen, 2005 szeptember 27-29. Konferencia-kiadvány, p. 133.

22. Szendrei J. – Grasselli G. (2005): Biogáz alapú energiatermelés hulladékhőjének felhasználása a feldolgozóiparban. Termékpálya, élelmiszer- és környezetbiztonság az agráriumban. Gödöllő, 2005. október 7. Konferencia kiadvány, p. 13.
23. Szendrei J. (2005): A Debrecen körüli térség biogáz-potenciáljának városi felhasználási lehetőségei. XI. Épületgépészeti és Gépészeti Szakmai Napok, Debrecen, 2005. október 20-21.
24. Szendrei J. (2005): A Debrecen körül termelődő állati trágya biogázpotenciálja. A jövő tudósai, a vidék jövője. Doktoranduszok konferenciája, Debrecen, 2005. november 18.
25. Grasselli G. – Szendrei J. (2005): Biomassza-potenciál felmérése a debreceni térségben. EUREGA-RES - Megújuló energiák kutatása és hasznosítása az EU újonnan csatlakozott országaiban. Debrecen, 2005. november 28.
<http://meteor.geo.klte.hu/meteorologia/euregaweb/eurega/pdf/szendrei2.pdf>
26. Szendrei, J. – Grasselli, G. (2006). A biogázjelzés lehetőségei a bioetanol-gyártás energetikai optimalizálásában. Az alternatív energiaforrások hasznosításának gazdasági kérdései. NYME KTK, Sopron, 2006. november 8. (CD-kiadvány)
27. Grasselli, G. – Szendrei, J. (2006). Biomasszára alapozott energiatermelés munkahelyteremtő hatásának vizsgálata. Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Balatonfüred, 2006. október 24-26. Tanulmánykötet, pp. 37-43.
28. Grasselli G. – Szendrei J. (2007): Az állati trágyára alapozott biogázüzemek lehetséges méret nagysága és növelésük szállítási igénye Hajdú-Bihar megyében. Energoexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia. Debrecen, 2007. szeptember 27.

EGYÉB PUBLIKÁCIÓ: 2

29. Szendrei J. (2005): Biogáz előállítása mezőgazdasági hulladékokból és melléktermékekből. „Energia és Mezőgazdaság” Fórum kiadványa. Balmazújvárosi Környezetvédelmi Csoport. 2005. április 22, p. 12-14.
30. Szendrei J. – Grasselli G. (2006): A biogázjelzés és a fenntartható gazdálkodás. Őstermelő, X. évf. 3. szám, p. 89-90.