

WOPERÁNÉ SERÉDI ÁGNES – NAGY GÁBOR

Biogáz és szintézisgáz energetikai hasznosítása

Szerves hulladékok keletkeznek az állattartó telepeken felhalmozódó trágya formájában, az élelmiszeriparban, a vágóhídi és a növényi termékeket feldolgozó konzervgyárakban, az ipari és kommunális szennyvíztisztító telepeken és a szilárd kommunális hulladékok lerakóiban. Ezeknek a hulladékoknak az ártalmatlanítása nagy költséggel járó feladatot jelent világszerte. Elgázosításuk és energetikai hasznosításuk klímavédelmi szempontból is előnyös.

1. Bevezetés

A megújuló energiahordozóknak növekvő jelentősége van a fosszilis tüzelőanyagok hasznosítása kapcsán jelentkező környezetvédelmi problémák enyhítésében. Az egyik legfontosabb rendelkezésre álló megújuló energiaforrás a biomassa, de jelentős szerephez jut a biogáz és a geotermikus energia is. A biomassa és biogáz energiahordozók termelésének viszonylag kis energiasűrűsége következtében ezek az energiaforrások elsősorban a kis- és közepes teljesítményű decentralizált, ill. lokális hő- és villamosenergia-fogyasztók ellátására alkalmasak, de erőműi és távhő rendszerekben is hasznosíthatók.

Woperáné dr. Serédi Ágnes az akkori NME Kohómérnöki Karán végzett. Az egyetem elvégzése óta a jelenlegi nevén ME Tüzeléstan és Hőenergia Intézeti Tanszék oktatója, majd kutatója. Egyetemi doktorátusa után a műszaki tudományok kandidátusa tudományos fokozatot szerezte meg. Oktatási és kutatási területe az energiagazdálkodáshoz és a levegőtisztaság-védelemhez kapcsolódik.

Nagy Gábor a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán előbb BSc anyagmérnöki, majd MSc kohómérnöki diplomát szerzett. Jelenleg a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola hallgatója, ahol a fő kutatási területe a biogázok analitikai és tüzeléstechnikai vizsgálata.

A Miskolci Egyetem Tüzeléstan és Hőenergia Intézeti Tanszékén hosszú évek óta folynak kutatómunkák a biogázok energetikai hasznosításához kapcsolódóan: szintézisgázokkal, depóniagázzal és fermentációs biogázzal.

2. Biogázok

Az elkövetkező évtizedben az európai biogáztermelés jelentős növekedését jelzik gáztechnikai kutatók, külön, illetve a földgázzal történő együttes hasznosítás lehetőségét is vizsgálva (1. ábra).

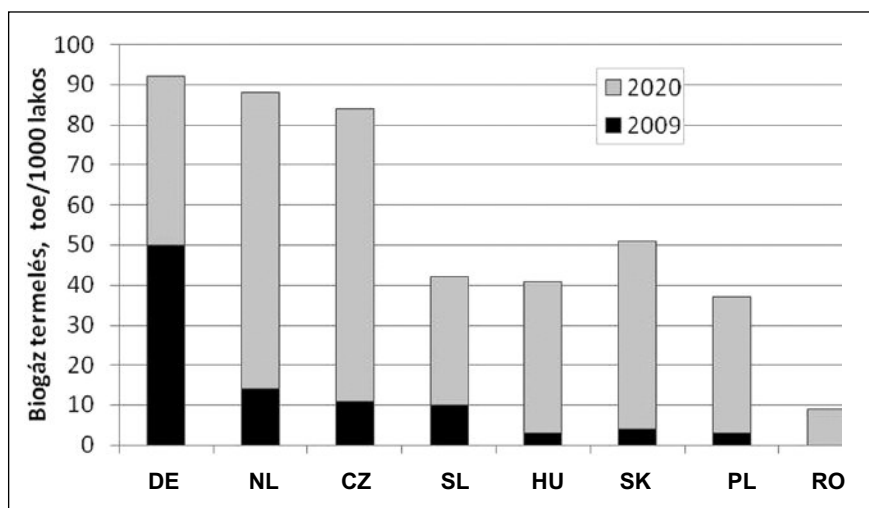
Biogáztermeléssel környezet-szennyező anyagok ártalmatlanítása végezhető el, és közben megújuló energiahordozót is előállítunk [2].

A mezőgazdasági biogázüzemek egyik fontos környezetvédelmi előnye, hogy az energiatermelés alapanyaga nemcsak elsődleges biomassa (energetikai célra termelt zöldnövény) lehet, hanem mezőgazdasági és feldolgozóipari hulladékok, valamint állati trágya is. Ezekre a biomasszaforrásokra gyakorlatilag nincs jobb hulladék-ártalmatlanítási eljárás. A hulladékok feldolgozása zárt rendszerben zajlik, és az üzemet csak szűrt (szagmentesített) gáz hagyja el. Az EU 27 tagországában 2008-ban 315,7 PJ értékben termeltek biogázt [3]. A biogáz szektor EU-n belüli jelentős fejlődését igazolja, hogy a tagállamok termelése 2008-ról 2009-re 27%-kal nőtt [3].

Biogáz összefoglaló néven különféle eredetű gázokkal találkozunk a szakirodalomban.

A biomasszák elgázosítása során keletkező eltüzelhető gázokat, keletkezésük technológiája alapján, két nagy csoportba sorolhatjuk:

- a biokémiai eljárások eredményeként keletkező fermentációs **biogáz** és **depónia gáz**,

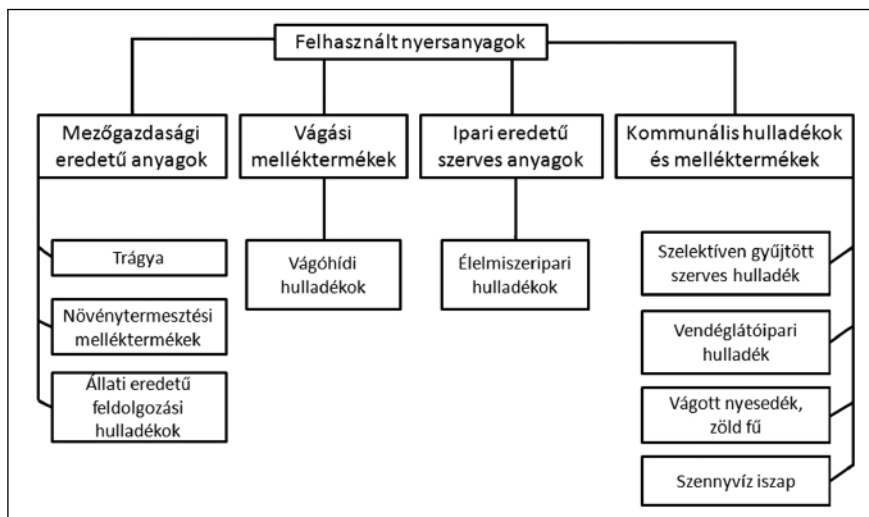


■ 1. ábra. Biogáztermelés várható növekedése Magyarországon és a környező országokban [1]

- a termokémiai (pirolitikus és gázosítási) folyamatokban hő hatására keletkező gáz, egyik leggyakoribb nevén **szintézisgáz** vagy röviden szingáz.

Előállításuk az elsődleges, illetve másodlagos biomassza forrásokból egyaránt történhet (2. ábra) [4].

A biogáztermelést biotechnológiai módszerekkel ellenőrizhetjük, irányíthatjuk és fokozhatjuk, ami a technológia gazdaságosságát jelentősen növeli. Egy-egy jellemző összetételüket az 1. táblázat mutatja be [5, 6]. Attól függően, hogy a biogázt milyen alapanyagból állítják elő, összetételük változhat.



■ 2. ábra. Biogázüzemben felhasznált alapanyagok csoportosítása

3. Biogázok és szintézisgázok hasznosítása

A biogáz hasznosítása megegyezik a vezetékes földgáz vagy a PB-gáz felhasználásának lehetőségeivel.

A legegyszerűbb és leggyakoribb hasznosítás fűtési célokra történő elégetés, valamint villamosenergia-termelés hőenergia-ellátással kapcsolatosan. A villamos energiát gázmotorokban állítják elő (gázmotor, generátor és hűtőegység). Teljesítményük általában 120–155 kW. Hatásfokuk kb. 33%, azonban a motorok és a füstgázhűtő egység kihasználási fokától függően a biogáz energiatartal-

mának max. 55%-a is hasznosítható. A minél jobb összehatások elérése érdekében törekedni kell a hulladékhő lehetőleg teljes hasznosítására (épületek, kertészetek, terményszárítók, állattartó telepek hőellátása stb.).

Az így termelt villamos energiával vásárolt villamos energiát válthatunk ki, vagy a fölösleget értékesíthetjük a helyi áramszolgáltatónak. A termelt hőt használati melegvíz előállítására fordíthatjuk egész éven át, télen fűthetünk vele, vagy akár ipari és mezőgazdasági hőigényünket fedezhetjük vele.

További hasznosítási lehetőséget jelent a gáztisztítással és dúsítással

földgáz minőségű terméké alakítása. Ekkor a szennyezőket leválasztják, és a nem éghető alkotókat eltávolítják.

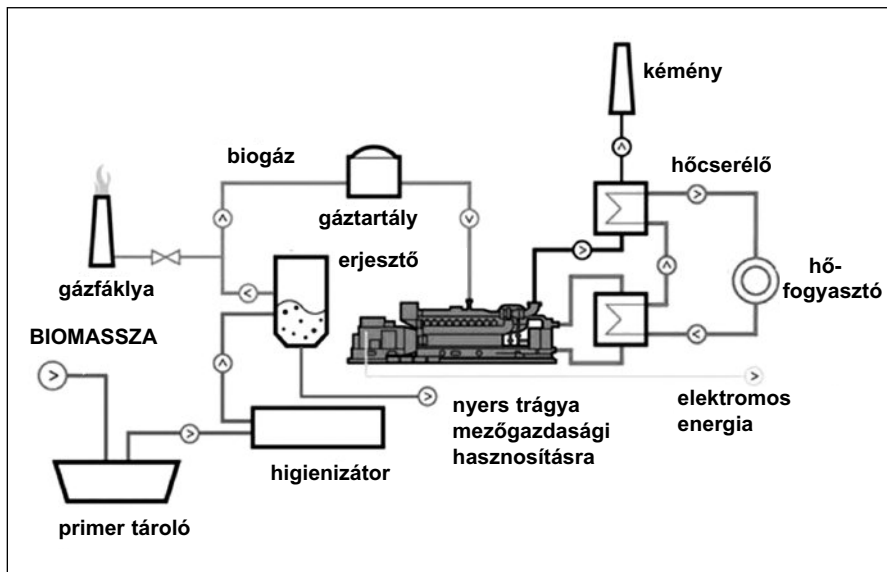
Egy gázmotoros energiahasznosítási példát mutat be a 3. ábra [7].

3.1 Depóniagáz-földgáz vegyes tüzelés

A depóniagázok mennyiségi és minőségi ingadozása is indokolja a depóniagáz-földgáz vegyes tüzelés létjogosultságát is a tisztán depóniagáz alapú tüzelés mellett, lehetőséget teremtve a már létező fosszilis tüzelőanyag-rendszerekben történő hasznosításra.

1. táblázat. Biogáz és szintézisgáz jellemzők

Összetétel	Me.	Földgáz	Szintézisgáz			Biogáz	
			oxigénes (szingáz1)	levegős (szingáz2)	pirolízis (szingáz3)	fermentor	hulladéklerakó
CH ₄	tf%	97,9		5	21	62	55
C _n H _m	tf%	1,2					
H ₂	tf%		40	10	23		1
CO	tf%		30	25	20		
CO ₂	tf%	0,1	25	10	36	37	35
N ₂	tf%	0,8	5	50		1	8
O ₂	tf%						1
Összesen:		100	100	100	100	100	100
H ₂ S	mg/m ³	-				< 600	<100
NH ₃	mg/m ³	-				0-100	0-5
Összes klór (Cl)	mg/m ³	-				0-100	0-5
Összes fluor (F)	mg/m ³	-				0-100	0-800
Sziloxánok	mg/m ³	-				0-50	0-50
Tüzeléstechnikai jellemzők							
Fűtőérték	MJ/m ³	34	8,901	6,025	12,52	22,19	19,79
Égésmeleg	MJ/m ³	37,8	8,97	6,431	13,84	24,71	22,05
Wobbe szám (felső)	MJ/m ³	50,3	10,3	6,74	14,82	26	22,9
Relatív sűrűség	-	0,56	0,7452	0,9109	0,8716	0,9138	0,9242
Sűrűség	kg/m ³	0,73	0,9635	1,177	1,1269	1,181	1,1948



■ 3. ábra. Biogáz hasznosítása gázmotorban

Egy 151 kutat tartalmazó rekultivált hulladéklerakó depóniagázának kutankénti minőségingadozása látható a 4. ábrán, feltüntetve a gázmotorok üzemvitele szempontjából gazdaságos 50%-os CH_4 határt is [8].

Egy bizonyos metánkoncentráció alatt (kb. 30% CH_4) problémák léphetnek fel a depóniagáz önálló eltüzelésénél. A depóniagáz összetétele ingadozásoknak is ki van téve. Sok esetben alkalmaznak emiatt kombinált depóniagáz/földgáz tüzelést.

A CH_4 -tartalom ingadozása felveti a téli hideg hónapokban a földgázbekeverés szükségességét. Tüzeléstanai számításokat végeztünk eltérő metántartalmú depóniagázok és hálózati földgáz különböző arányú keverékével. A számításokat az 5. ábra foglalja össze, amely szerint pl. ahhoz, hogy egy kb. 50% CH_4 -tartalmú földgáz-depóniagáz keveréket kapjunk, 40%

metántartalmú depóniagázhoz 18% hálózati földgázt kell keverni (keverék fűtőérték: 18,22 MJ/m³).

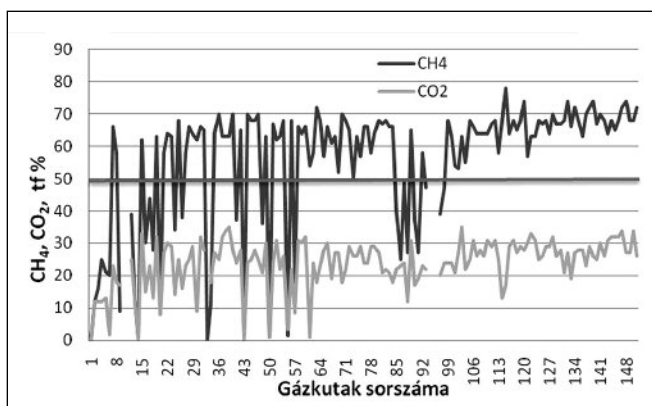
3.2 Szintézisgáz-földgáz vegyes tüzelés

A biomassza elgázosítása egyik lehetőség arra, hogy egy jó minőségű gáztüzelőanyagot állítsunk elő. Bármely termikus gázosítási eljárás alkalmas a biomassza elgázosítására is. A folyamat során a biomasszához vizet, levegőt (vagy oxigént) kevernek, és reaktorban hevítik. A parciális oxidáció során keletkezett termékgáz tisztítás után szén-monoxidot, hidrogént és metánt tartalmaz. Amikor levegő az elgázosító közeg, a keletkezett gáz nitrogént is tartalmaz. Néhány eljárás hidrogént használ gázosító közegként. A biomassza pirolízise során oxidáló közeg

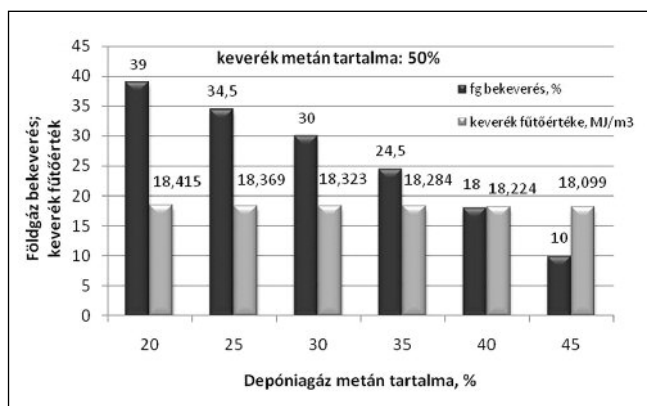
távollétében történik a nagy hőmérsékletű hevítés.

Ez irányú kutatásaink célja volt különböző összetételű, ill. származású szintézisgázok (szingázok) és földgáz keverékének környezetkímélő eltüzelése. Meghatároztuk, hogy melyek azok a szingáz-földgáz keverékek, amelyek földgázégőkön jelentős átalakítás nélkül üzembiztosan elégethetők. Vizsgáltuk a szingáz bekeverés hatására kialakuló főbb égési jellemzők változását is, különös figyelmet fordítva a környezetterhelés csökkentésére.

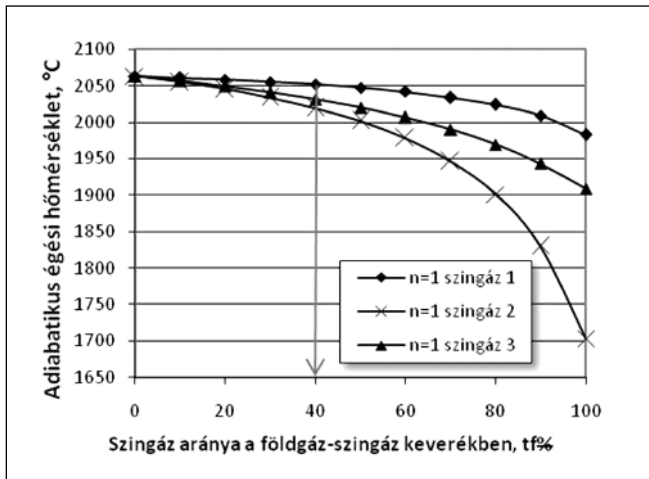
Égéselméleti számításokat végeztünk a hálózati földgáz-szingáz különböző arányú keverékeire vonatkozóan. Számításaink nemcsak a tüzelési paraméterekre terjedtek ki, hanem az ún. alsó és felső Wobbe-index változására is. Eredményeink közül a technológiai folyamatok szempontjából fontos adiabatikus égési hőmérsékletet és a gázok cserélhetősége miatt jelentős Wobbe-indexet mutatjuk be (6. és 7. ábra) [5]. Az ábrák alapján megállapítható, hogy az adiabatikus égési hőmérséklet 40%-os szingáz bekeverés hatására nem csökken lényegesen, a Wobbe-indexnél azonban 20%-nál nagyobb szingáz arány a keverékben már nagyobb változást okoz. Az eredeti földgázégőbe tehát csak kb. 20%-ig érdemes növelni a szingáz arányát. Ezen érték felett azonban biztonságosabb külön fűvókán, szekunder gázként bevezetni a szingázt az elégető berendezésbe, megvalósítva a kétfokozatú tüzelést, amely lehetőséget biztosít a NO_x -képződés csökkentésére is.



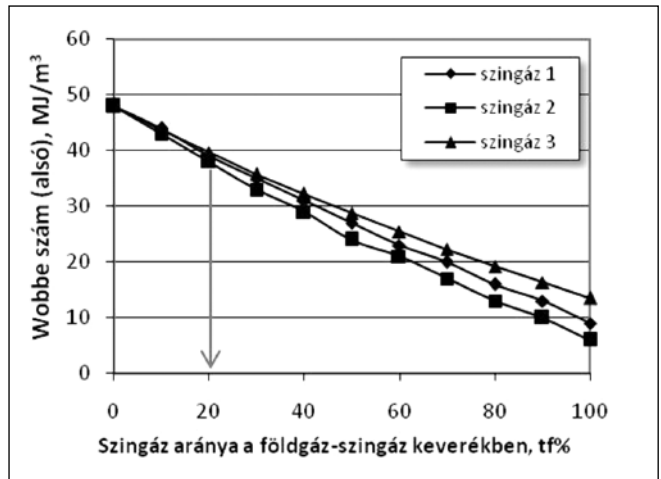
■ 4. ábra. Depóniagáz legfőbb alkotóinak változása kutanként (2010)



■ 5. ábra. Földgáz keverése különböző CH_4 -tartalmú depóniagázhoz



■ 6. ábra. Földgáz-szingáz (1,2,3) keverékénél a szingáz arány növelésének hatása az adiabatus égési hőmérsékletre



■ 7. ábra. Földgáz-szingáz (1,2,3) keverékénél a szingáz arány növelésének hatása a fűtőértékből számított ún. alsó Wobbe-számra

3.2 Földgáz-megtakarítás fermentációs biogázzal

Egy hazai mezőgazdasági cég sertésteleperéről kapott hígtrágya minták laboratóriumi vizsgálatait végeztük el abból a célból, hogy tájékoztató adatokat kapjunk a telepen keletkező hígtrágyák biogáztermelő képességére vonatkozóan [9].

A hígtrágya mintáknak (jelöléseink: HL1, HL2) a fermentációs folyamat szempontjából fontos fizikai és kémiai tulajdonságai: sűrűség, szárazanyag-tartalom, szervesanyag-tartalom, elemi összetétel. A mérési eredményeket foglalja össze a 2. táblázat.

Anaerob lebontású, keverővel ellátott, folyamatos üzemű fermentorban, termofil hőmérsékleten (54 °C), ~ 220 l/kg_{szerves szárazanyag} fajlagos biogáz mennyiség keletkezik a vizsgált mintáknál, előzetes kísérleteink alapján. Tehát minden kilogramm száraz szerves anyagból 0,22 m³ biogáz fejlődik, amelynek CH₄-tartalma – gázkromatográfias méréseink alapján – 60%. A 8. ábrában összefoglalt energetikai számítások szerint a biogáz energetikai hasznosítása által jelentős földgáz takarítható meg.

Összegzés

A megújuló energiahordozók részarányának növelése a teljes energiafogyasztáson belül a hazai és nemzetközi energiapolitika egyik fő célkitűzése. A biogázok és szintézisgázok energetikai hasznosításának lehetőségei közé tartozik a meglévő földgáztüzelésű rendszerekben történő

elégítés a tisztán biogáz alapú hő- és villamosenergia-fejlesztés mellett. Akár önálló, akár vegyes tüzelés formájában történő hasznosítás során földgáz takarítható meg.

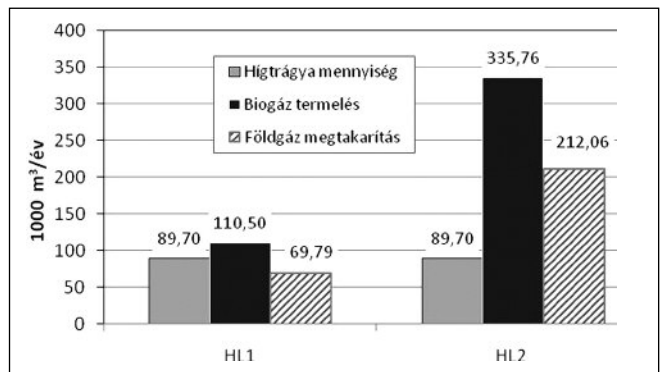
Mindhárom vizsgált biogáz típus (szintézisgáz, depóniagáz és fermentációs biogáz) hőtechnikai hasznosítása javasolható.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a TÁMOP-4.2.1. B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

[1] Kovács Attila, Fuchs Máté: A biometán előállítása és betáplálása a földgáz hálózatba. XIX. Dunagáz Szakmai Napok, Visegrád, 2011. <http://www.dunagaz.hu/UserFiles/>



■ 8. ábra. Különböző szervesanyag-tartalmú hígtrágyákból képződő biogáz mennyisége és a hasznosításukkal elérhető földgáz megtakarítás

File/konf2011/Dr_Kovacs_Attila_2011_04_13.pdf

[2] Biogáz, avagy egy méltatlanul mellőzött technológia! Az írás készült: 2012. február 12. Szerző: Olasz Sándor. <http://www.emberiseg.hu/portal/blog/2012/2/biogaz-avagy-egy-meltatlanul-mellozott-technologia/>

[3] Kovács Kornél: Egy különösen hasznos megújuló energiahordozó: A biogáz. Elektrotechnika. 2010/11. p. 5–8.

[4] Mézes Lili: Mezőgazdasági és élelmiszeripari biogáz termelés optimalizálása. PhD-értekezés. Debrecen, 2011. p.182.

[5] Biogáz-földgáz vegyes tüzelés

2. táblázat. Hígtrágya minták főbb fizikai kémiai jellemzői

Minta	Szárazanyag-tartalom [%]	Sűrűség [g/l]	Szervesanyag-tartalom [%]	Karbon [%]
HL1	1,39	1005,3	0,557	43,362
HL2	3,91	1017,6	1,672	42,762

égési folyamatának vizsgálata, különös tekintettel a légszennyező gázalkotókra. Miskolci Egyetem, Tüzeléstani Tanszék. OTKA T 046471 (2004. jan. – 2007. jún.)

[6] Szunyogh István: A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi felté-

telrendszere. PhD-értekezés. Miskolci Egyetem. MF kar, Kőolaj és Földgáz Intézet. Miskolc, 2009.

[7] Gas Types. http://www.ddace-energy.com/products_gastypes.html

[8] ME Tüzeléstani és Hőenergia Tsz.: A Nádás-réti hulladéklerakó biogáz termelésének állapotfelmérése. Kutatási jelentés. (UNI-

FLEX Kft. részére) Miskolc, 2011.

[9] ME Tüzeléstani és Hőenergia Tsz.: Sertésstelepekről származó trágya hasznosítása biogáztermelés céljából. Kutatási jelentés. (UNIFLEX Kft. részére) Miskolc, 2011.

■ EGYETEMI HÍREK

Centenárium ünnepség a Műegyetemen

100 éve, 1912. október 7-én született Gillemot László professzor, akadémikus. Tiszteletére a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszéke – a Gépészmérnöki Kar és a BME közreműködésével – 2012. október 8-án centenárium ünnepséget rendezett.

Az eseményen megjelent nagyszámú érdeklődő, tisztelő között ott voltak a Gillemot család tagjai, a BME és a társintézmények, a szakmai egyesületek képviselői, a régi ismerősök, munkatársak.

Az ünnepség dr. Dévényi László tanszékvezető, egyetemi docens bevezető szavai után a Gillemot-émlékiállítás megnyitásával kezdődött. A könyvtár aulájában rendezett kiállításon számos eredeti dokumentum, levél, fénykép mutatta be Gillemot László életét.

Ezután az oktatási intézmények és a család képviselői a még napjaink-

ban is gyakran Gillemot-tanszéknek nevezett épület közelében álló szobor talapzatánál elhelyezett koszorúkkal tisztelegtek a professzor úr emléke előtt (1. kép).

A program az egyetem központi épületének dísztermében előadásokkal folytatódott (2. kép). Péceli Gábor rektor, egyetemi tanár előadásában Gillemot László rektori munkájáról beszélt, akinek emberi nagysága itt is kitűnt, és minden utána következő vezetőnek mintát adott. Ginszler János egyetemi tanár, akadémikus oldottabb hangulatban, anekdotákkal, történetekkel mutatta be, milyen ember volt Gillemot László. Dr. Pilişy Lajos fiatal mérnöként a Vasipari Kutató Intézet építésekor találkozott Gillemot Lászlóval, akivel 15 évig dolgozott együtt.

Majd a centenárium év alkalmából pályakezdő mérnököknek meghirdetett pályázat eredményhirdetése következett. Czigány Tibor dékán,

egyetemi tanár adta át a díjakat négy pályakezdő fiatalnak, akik a professzor úr kutatási területeiről, az anyagvizsgálat, a hegesztés és a képlékenyalakítás témaköréből írt dolgozataikkal nyerték el a kitüntetést. Király Anett I. díjat, Póti Zoltán Balázs II. díjat, Szombathelyi Viktor és Székely István megosztott III. díjat kapott munkájáért.

Az utolsó előadó Reé András volt, aki 50 éve a tanszék munkatársa. Most az 1963–1977 közötti évekről, a tanszék „nagy korszakáról” beszélt, amikor Gillemot professzorral együtt dolgozhatott. Ő tolmácsolta Artinger István professzor, volt tanszékvezető gondolatait is a professzor úr szakmai örökségéről.

Az állófogadás után a jelenlévők még sokáig beszélgettek, emlékezve a régi időkre.

SA



■ 1. kép. A Gillemot család tagjai a koszorúzás után



■ 2. kép. A rendezvény házigazdája dr. Dévényi László volt

A Műszaki Anyagtudományi Kar hírei – 2012. szeptember

2012. június 5-én volt a középiskolás csapatoknak szóló III. Anyagtudományi Verseny döntője, melynek témája idén: „Polimerek világa, avagy mű anyag-e a műanyag?” volt. Az ország minden tájáról számos csapat vett részt a májusig tartó előkészülményekben, közülük tíz csapat érdemelt ki a miskolci döntőbe jutást. A döntőn a Műszaki Anyagtudományi Kar Polimermérnöki Tanszékének oktatói mutattak be érdekes és látványos kísérleteket, majd a középiskolás csapatok tartottak előadásokat az elmúlt félévben végzett kutató és tervező munkájukról. Az eredményhirdetés előtt a BorsodChem Zrt. munkatársa mutatta be a fiatal diákoknak az előtűk álló vegyipari perspektívákat. A versenyt a veszprémi Tízkarú Poli-P csapat nyerte a debreceni PoliVinilDóczy és a kazincbarcikai Terra csapat előtt.

A Műszaki Anyagtudományi Kar 2012. júniusi Diplomaátadó Ünnepségén 21 fő kapta meg oklevelét *dr. Gácsi Zoltántól*, a kar dékánjától. A 2011/2012. tanév II. félévében összesen 37 fő szerzett abszolutóriumot, és – a korábban abszolutóriumot szerzettekkel kiegészülve – 40 fő tett sikeres záróvizsgát. Az oklevelet kapott hallgatók közül 6 fő nappali

tagozatos, 1 fő levelező tagozatos képzésben végzett anyagmérnök BSc-szakon, 2 fő nappali tagozatos, 8 fő levelező tagozatos képzésben végzett anyagmérnök MSc-szakon és 3 fő nappali tagozatos, 1 fő levelező tagozatos képzésben végzett kohómérnök MS-szakon. A diplomaosztó ünnepség keretében *dr. Gyulai József* „Tiszteletbeli Doktor” oklevelét, *dr. Kékesi Tamás* és *dr. Palotás Árpád Bence* „A Miskolci Egyetem Kiváló Kutatója”, *dr. Szemmelveisz Tamásné* „A Miskolci Egyetem Erőtelmes Oktatója” kitüntetését vehetett át, *Rajhárd Bettina* pedig „Rektori Dicséret”-ben részesült. *Dr. Zupkó István* részére *dr. Gácsi Zoltán* Verő József-emlékérmét adott át. A Miskolci Egyetem Hallgatói és Doktoranduszhallgatói Önkormányzata „Kiváló Oktató Diplomát” adományozott *dr. Palotás Árpád Bencének*. A szeptemberi egyetem tanévnyitón *dr. Dúl Jenő* „Signum Aureum Universitatis” kitüntetését, *Harcsik Béla* pedig doktori oklevelet vehetett át.

2012 szeptemberében a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának különböző képzéseiben 103 frissen felvett hallgató kezdte meg tanulmányait. A képzésekre a következő megosztásban nyertek felvételt

a diákok: anyagmérnök BSc nappali képzés, államilag finanszírozott 52 fő, részösztöndíjjal 1 fő, levelező képzés államilag finanszírozott 8 fő, önköltséges 1 fő. Energetikai mérnökasszisztens felsőfokú szakképzés államilag finanszírozott 3 fő, önköltséges 8 fő. Anyagmérnök MSc nappali képzés államilag finanszírozott 4 fő, önköltséges 1 fő, levelező képzés államilag finanszírozott 14 fő, önköltséges 2 fő. Kohómérnök MSc nappali képzés, államilag finanszírozott 5 fő, levelező képzés, államilag finanszírozott 4 fő.

Az OMBKE Egyetemi Osztály szervezésében 56 fő vett részt a 2012. szeptember 7-i szalamanderen, valamint az azt követő kétnapos kiránduláson, Selmezbányán. A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának és Műszaki Anyagtudományi Karának hallgatóiból, oktatóiból álló csapat koszorúkat helyezett el a professzorok sírjánál, valamint az Akadémia falánál. Szeptember 8-án, szombaton a bacsófalvai szálláshelyen ipari kollégákkal kiegészülve nagy létszámú és jó hangulatú szakszertartottak.

Dr. Mende Tamás
az OMBKE Egyetemi Osztály titkára


Hőkezelés és képlékenyalakítás szakirány
Polimer- és vegyipari-technológiák szakirány
Fémelőállítási és öntészeti szakirány
Hőenergia és szilikástechnológiai szakirány

Anyagmérnök alapszak (BSc)
Kohómérnök mesterszak (MSc)
Anyagmérnök mesterszak (MSc)

Öntészeti szakirány
Hőkezelő és Képlékenyalakító szakirány
Kémiai fémtechnológiai szakirány
Energetika szakirány

Szilikátmérnöki szakirány
Polimermérnöki szakirány
Vegyipari-technológiai szakirány
Energetika szakirány

tel.: (+36) 46 565 090
makdekani@uni-miskolc.hu
www.mak.uni-miskolc.hu

 MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR

