

periódusok alatt az ún. Pontus-azovi sztyeppéken azonosítottuk a Fekete-tenger és az Azovi-tenger között: a Pre-Gödörsíros kultúrák a Dnyeper alsó folyásánál, a III. periódus Gödörsíros népei a Dnyeszter és a Dél-Bug/Boh folyók alsó torkolatánál éltek. A IV. periódus késői Gödörsíros, Katakombasirossal keveredő néptörzseinek eredeti őshazája a Prut–Don folyók közötti tágabb és távolabbi ún. Kaszpi-azovi-pontusi, további erős Majkop hatásokat is mutató Zsvotyilov–Volcsanszk-művelődés, amely mindezen hatásokon felül még egy Tripolje-kolonizációt is átélt (5. ábra).

A vizsgált ezer éves időtartam K.r.e. 3400 és 2400 között a késő rézkor és a kora bronzkor időszaka hazánkban. Ezzel bebizonyosodott, hogy a kurgán-művelődések a Baden-kultúrához hasonlóan túlélték a késő rézkor időszakát, és tovább éltek a kora bronzkorban.

Másrészt ló, és feltehetően kocsis segítsége és gyorsasága nélkül ezek a nomád jellegű állattartó kultúrák mintegy 800–1300 km-es távolságot tettek meg csordáikkal és nyájaikkal, a radiokarbon-dátumok szerint mindössze néhány száz év alatt.

Mi készítette őket erre az iszonyatos és embert próbáló erőfeszítésre? Túlnépesedés történt, és menekültek egymás elől, mint a későbbi, már történelmi forrásokból ismert türk, avar, magyar, besenyő példák alapján a néven nevezett nomádok? Milyen hasonlóságok és milyen változások mutathatók ki az eredeti szállásterület, vagyis az eurázsiai sztyeppék és a magyar Alföld között? Erre keressük a magyarzatot a késő rézkort bemutató cikksorozatunk lezáró, negyedik részében.

*Az írás az OTKA PD 73490 számú pályázata alapján készült.*

## Irodalom

- Dani János – Horváth Tünde 2012. Őskori kurgánok a magyar Alföldön. Archeolingua, Budapest.
- Ecsedy István 1979. The People of the Pit-Grave Kurgans in Eastern Hungary. Fontes Archaeologici Hungariae, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Marija Gimbutas 1997. The Three Waves of Kurgan People into Old Europe, 4500–2500 BC. In: M. R. Dexter – K. Jones-Bley (eds) The Kurgan Culture and the Indo-Europeanization of Europe. Washington.
- Pető Ákos – Barcsi Attila (szerk.) 2011. Kurgan studies. An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone. British Archaeological Reports International Series 2238, Archeopress, Oxford.
- Tóth, Albert (szerk.) 2004. A kunhalmokról – más szemmel. Hortobágyi Nemzeti Park, Kísújszállás–Debrecen.

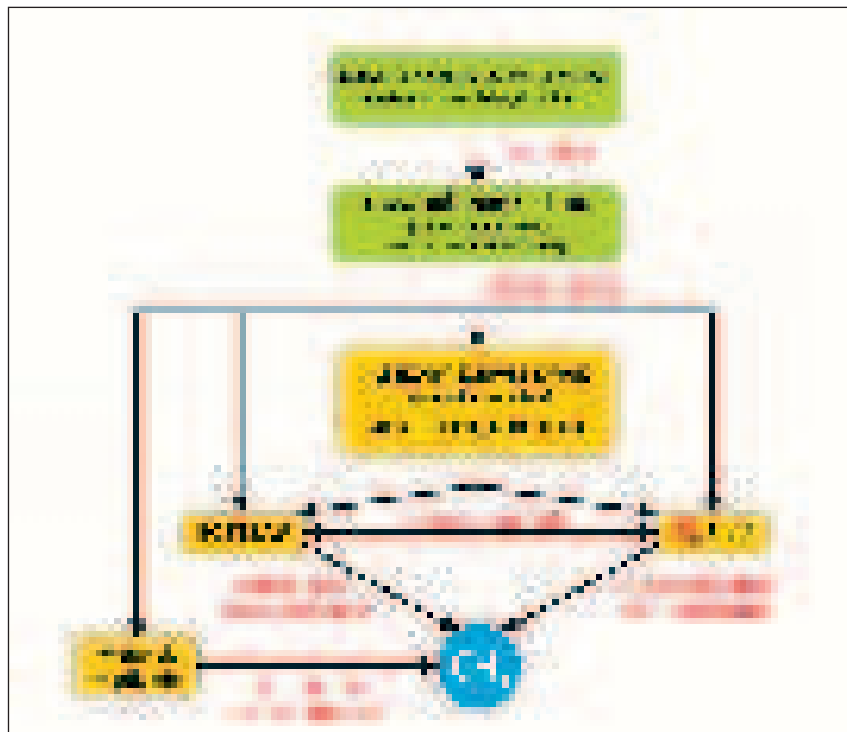
# Biogáz fehérjehulladékból

A XXI. századi jóléti társadalmunk energiafogyasztása rohamosan növekszik és ezzel egyidejűleg a környezet szennyezése kritikus méreteket öltött. Ezek megoldásán, illetve jelentős csökkentésén komolyan el kell gondolkodnunk. A világ energiafelhasználása jelenleg éves szinten mintegy 700 EJ körülire tehető. Ennek a hatalmas energiameennyiségnek napjainkban 78%-át fosszilis energiahordozók felhasználásával fedezzük. A fosszilis energiahordozók használata azonban egyre riasztóbb méreteket öltő környezeti változásokkal jár, a globális klímaváltozás földi életkörülményeinket súlyosan veszélyezteti. Ráadásul a gazdaságosan kitermelhető készletek kimerülése belátható időn belül bekövetkezik, ezért új lehetőségek után kell néznünk. A probléma nem új keletű, az 1970-es évektől ismétlődő energiaválságok rendszeresen figyelmeztetik az emberiséget, hogy új energiaforrásokat kell találnunk. Hazánkban a teljes energiafelhasználás összetételének alakulása kedvezőtlenebb az uniós

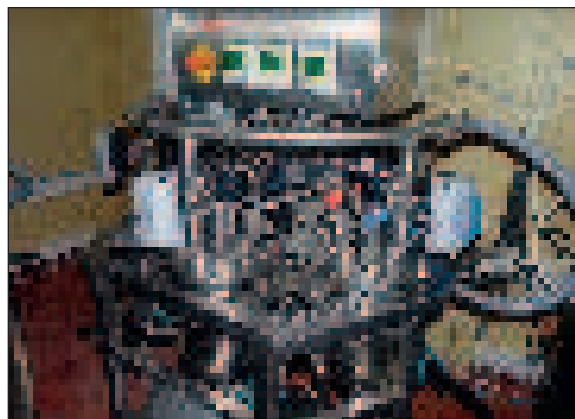
átlagnál. 2010-ben alacsony volt a megújuló energiaforrások részaránya az összes energia felhasználásból (EU 27 átlag 20%, Magyarország 17,4%). Magyarország energiafüggősége az utóbbi években nőtt, hazánk – optimistán számolt – 62,5 % függőségi mutatója meghaladja az uniós átlagot.

A megújuló energiahordozók mindegyikére nagy szükség van tehát, de közülük is élen jár a biogáz. Számos tulajdonsága emeli ezt a technológiát a favoritok közé. A biomassza anaerob környezetben történő kezelése környezetvédelmi és gazdasági előnyökkel jár. A biogáz-technológia nyújthat segítséget a szerves hulladékok ártalmatlantításában, a környezetszennyezés csökkentésében, valamint a szén-dioxid-semleges megújuló energia előállításában, miközben a mezőgazdasági gyakorlatban a tápanyagok talajba való visszajuttatását segíti elő. Szinte bármilyen szerves anyagból, hulladékból vagy erre a célra előállított biomasszából lehet biogázt gyártani. A folyamat terméke, a

1. ábra. A biogáz képződésének vázlata



metánban gazdag gázkeverék sokoldalúan hasznosítható: elégetve hőt nyerünk belőle, kicsit megtisztítva és generátorhoz kapcsolt gázmotorban elégetve áramot és hőt kapunk, még tovább tisztítva gyakorlatilag a földgáz kémiai összetételével és minőségével azonos energiahordozót állíthatunk elő, ami mindarra használható, amire a fosszilis földgázt használjuk manapság az üzemanyagtól a vegyipari alapanyagokig.



2. ábra. Ötliteres folyamatos üzemű fermentorok

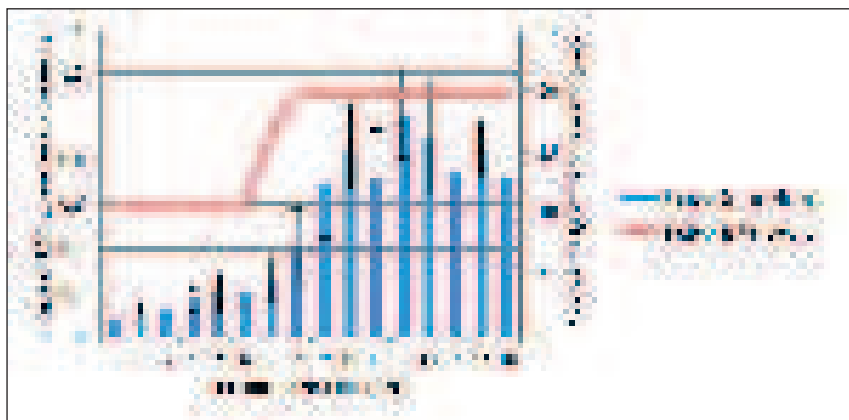
A biogázüzemek hatékony működtetésének egyik sarkalatos pontja az anaerob fermentáció biokémiai és mikrobiológiai folyamatainak kézben tartása. Sajnos még messze vagyunk attól, hogy teljesen megértsük a komplex szerves szubsztrátok anaerob lebontásának biológiáját, különösen azért, mert több száz, különböző tulajdonságokkal felszerelt és különböző környezeti igényekkel rendelkező mikroorganizmus együttes munkájaként keletkezik a folyamat végterméke, a biogáz (1. ábra). A biogázképződés bonyolult mikrobiológiai eseménysorozatának feltárása még sok kihívást tartogató, elméleti és gyakorlati hasznosítás szempontjából egyaránt rendkívül izgalmas kutatási terület. A folyamat fő lépéseit ismerjük (1. ábra). Tudjuk azt, hogy először a nagy és sokféle szerves molekulát egyes mikrobacsoportok eldarabolják (hidrolízis). A kisebb közti termékek szolgálnak táplálékul mások számára. Ők tovább bontják a molekulákat (acetogenezis), miközben az életük fenntartásához szükséges kémiai energiát szabadítanak fel. A keletkező szerves savak (főleg ecetsav) és gázok (hidrogén és szén-dioxid) már csak kevés élőlény számára élvezhető táplálékok. A bennük maradt energia kinyerésére specializálódott különleges mikrobák (homo-acetogenezis, acetotróf metanogenezis, hidrogenotróf metanogenezis, metilotróf metanogenezis) egészítik ki a rendszert, így keletkezik a folyamat során a mikroorganizmusok számára már használhatatlan gáz, ami lényegében metán és szén-dioxid elegye. A helyzetet bonyolítja, hogy a biogáz-fermentorban ezek a lépések nem az ábrán

feltüntetett szép sorrendben, hanem térben és időben egyszerre folynak, a biomasszában lévő sokféle molekula lebontása részleteiben egymástól eltérő útvonalon zajlik. Ha a már megismert biokémiai reakciókat is fel akarnánk tüntetni az 1. ábrán, nyilak átláthatatlan halmazát kellene felrajzolni. A munkát a külső szemlélő számára kaotikus összevisszaságban hemzsező mikrobák tömege végzi, amelyek azonban az ő mikrovilágukban jól szervezett csapatokban, együttműködő konzorciumokban tevékenykednek.

Számos munka foglalkozott az évtizedek során azzal, hogy leírja a működési paramétereket, amelyek között az előzőekben bemutatott, konzorciumban dolgozó mikrobák hatékonyan tudnak együttműködni. Az egyik fő mérőszám a lebontani kívánt biomassza szén-nitrogén tartalmának aránya (C/N), amelyet optimálisan 20:1 érték körül határoztak meg.

Vizsgálataink a szerves hulladékok egyik speciális csoportját, a fehérjében gazdag potenciális biogáz-alapanyagokat célozták meg. Az Európai Unióban évi 1 millió tonna fehérjében gazdag hulladék termelődik. Brazília és a muszlim országok hasonló problémával állnak szemben. Fehérjetartalmú melléktermékek, hulladékok azonban nem csak a húspárból kerülhetnek ki, a tejfeldolgozási hulladékok jelentős része is nagy koncentrációban tartalmaz proteint. Az élelmiszeriparban hatalmas mennyiségű fehérjében gazdag hulladék keletkezik, ami-

tást végző baktériumoknak. A potenciális biogáz-szubsztrátoknak ezt a csoportját a fehérjék lebomlásakor keletkező, viszonylag nagy mennyiségű szervesetlen nitrogénvegyületeknek a mikrobákra gyakorolt káros hatása miatt nem ajánlják gyakorlati hasznosításra. Már a denitrifikáció során képződő átmeneti nitrogén-oxid-formák ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}$  és  $\text{N}_2\text{O}$ ) is csökkentik a metántermelést, azonban az ammónia nem-ionizált formája ( $\text{NH}_3$ ) a legtoxikusabb a mikrobákra. Mérgező hatása erősen függ a pH-tól és a rendszer hőmérsékletétől, mivel ezen paraméterek emelkedésével az ammóniumion/ammóniaarány az ammónia felé fog elmozdulni. A magas fehérjetartalmú alapanyagok alkalmazásakor a mikroba-konzorcium különböző csoportjainak egyensúlya hamar felborul, a biogázreaktorban az acetogén baktériumok túlzott elszaporodása miatt jelentősen csökken a pH, és a rendszer rövid idő alatt összeomlik. Ismert, hogy a biogázfermentorokban jelenlévő mikroorganizmusok közül a különböző metanogének tolerálják legkevésbé a környezetükben megjelent kedvezőtlen körülményeket és gátló anyagokat, így a növekvő ammónia-koncentráció hatására lelassul a szaporodásuk, megállnak növekedésükben. A megemelkedett ammóniaszint (0,8–6,9 g  $\text{NH}_4^+\text{-N/L}$ ) változást okoz a mikrobaközösség összetételében; az ammóniagátlás egyik legjelentősebb hatása a populációban az acetiklasztikus metanogének mennyiségének eltolódása a szintrofikus acetát-oxidálók irányába. Az acetiklasztikus metanogének relatív mennyisége csökken az ammónia-stressznek kitett reaktorokban, míg a savtermelő baktériumok száma növekszik. Így bár a fehérjealapú hulladékok gazdagok energiában, ártalmatlanításukra ma a legelterjedtebb eljárás a komposztálás vagy az égetés.



3. ábra. Sertésvér fermentációjából képződött biogáz mennyisége

vel nem sok mindent tudunk kezdeni és csak környezetvédelmi gondokat okoznak.

A szakirodalom egyetért abban, hogy a magas fehérjetartalmú ipari melléktermékekből nehéz biogázt előállítani, mert az alapanyag C/N aránya nem kedvez a lebom-

### Fehérjebontáskor jelentkező problémák

A biogáz termelését végző mikrobapopuláció tagjai közti egymásrautaltság miatt a biogáz-termelés csak akkor lehet hatékony, ha min-

den, a lebontásban szerepet játszó csoportnak megfelelő körülményeket tudunk teremteni, hogy feladatukat ellássák. Minden mikrobnak szüksége van makro- és mikroelemekre, ezek hiánya negatív hatást gyakorol életfolyamataikra. Ha csak egyféle alapanyaggal (monoszubsztrát) végezzük a fermentor táplálását, előbb-utóbb fel fog lépni valamely ásványi anyag hiánya, és ez jelentős mértékben csökkentheti a megtermelt biogáz mennyiségét, és az alacsony pufferkapacitás egy nagyon sérülékeny rendszert eredményezhet. Bár legnagyobb mennyiségben a szénre, oxigénre, hidrogénre és nitrogénre van szüksége az élő szervezeteknek, jelentős mennyiség kell kénből és foszforból, valamint számos nyomelemből, pl. kalciumból, magnéziumból, nikkeltől, vasból, kobaltból, cinkből, mangánból és rézből. Ezek az elemek általában elegendő mennyiségben rendelkezésre állnak a biogáz-fermentorokban kezelendő biomasszában. Az ammónia nem protonált formában ( $\text{NH}_3$ ) könnyedén keresztüldiffundál a sejtmembránon, kiegyenlítve ezzel az extracelluláris és intracelluláris ammónia-koncentrációt. Az ammónia diszociációja hőmérséklet- és pH-függő; emelkedésükkel nő az  $\text{NH}_3$ -forma relatív mennyisége. Kézenfekvő lenne, hogy az ammónia toxicitását a pH csökkentésével védjük ki. Ez azonban nem működik, mert alacsony pH-n a metántermelő metanogének pusztulnak el. Az ammónia-mérgezésnek két ismert közvetlen következménye van: (i) a nem ionizált ammóniaforma közvetlenül képes gátolni bizonyos létfontosságú enzimeket, (ii)  $\text{NH}_4^+$  felhalmozódása a sejten belül az intracelluláris pH-ra gyakorolt hatásával okozhat gátlást, ami a sejt halálához vagy a kationok koncentrációjának felborulásához vezet.

Az előzőekben bemutatott problémák miatt tartózkodnak a legtöbb biogázüzemben a fehérjében gazdag alapanyagok hasznosításától. Sok részismeret halmozódott fel a biogáztermelő mikrobák életéről, de ahhoz, hogy a problémát megnyugtatóan megoldjuk, ez nem bizonyult elegendőnek. Igaz ugyan, hogy a fehérje, mint biogáz-alapanyag sokkal nagyobb biogázhozammal kecsget, mint a hagyományosan betáplált, a tapasztalati értéknek megfelelő C/N arányú biomassza-féleségek, de a bizonytalanságok, üzemvitel biztonsági megfontolások alapján, riasztóak voltak – eddig.

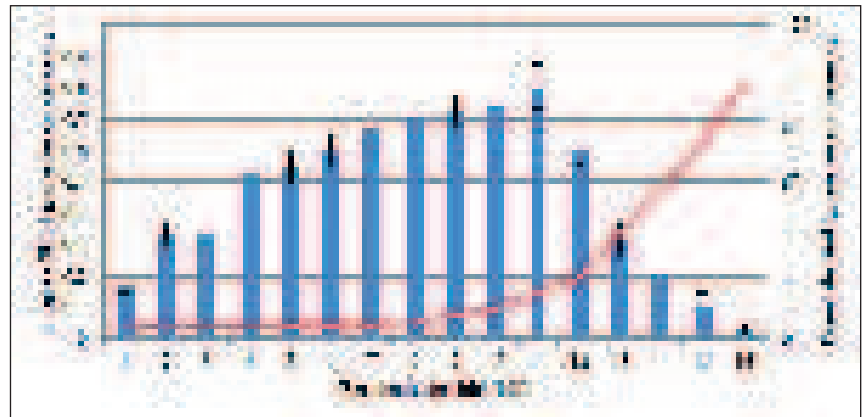
### Új megoldás a régi problémára

A Szegedi Tudományegyetemen és az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpontjában mintegy 30 éve működő kutatócsoportunk a biogázképződés biotechnológiai eseményeit vizsgálja. Másokhoz hasonlóan, munkánkat az nehezítette, hogy az egész komplex mikrobiológiai tápláléklánc

nem követhető a klasszikus mikrobiológiai módszerekkel. Ezek ugyanis azon alapulnak, hogy a vizsgált mikrobát tiszta (más mikrobáktól mentes) tenyészetekben kell faggatni arról, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek. Ez a kísérleti megközelítés a mikrobiológiát megalapozó és méltán világhírű *Louis Pasteur* munkássága óta alapvető szabály a kutatók számára. Az utóbbi 10–20 évben vált nyilvánvalóvá, hogy ez a szabály rengeteg értékes kutatási eredményt hozott ugyan, de kizárja a megismerés folyamatából azokat az eseményeket, amelyek a különféle mikrobák együttműködésének eredményeként valósulnak meg. Egyre több ilyen rendszert ismerünk fel a környezetben egymással együttműködő és egymás túlélését biztosító csoportosulásoktól az emberben „lakó”, több tízmilliárdos lélekszámú mikrobaközösségeknek az egészséges életünkben betöltött meghatározó szerepéig. Hasonlóan összetett mikro-

reket, ugyanúgy a genetikai anyagaik alapján is azonosítani tudjuk a mikrobiális világ nagyon picike szereplőit egy több milliárdos tömegben. A résztvevők azonosításán túlmenően információt kapunk arról, hogy egyes, fontos biokémiai reakciókat katalizáló enzimekből mennyi van a rendszerben, tehát közvetlenül a mikrobák tevékenységét, funkcióit tudjuk követni. Az ilyen „metagenomikai” módszerek ma már rohamosan terjednek és számunkra is elérhetőek. Az MTA Szegedi Biológia Kutatóközpontjában *Maróti Gergely* és *Kondorosi Éva* akadémikus honosította meg ezt a nem nagyon egyszerű, de korábban soha nem látott új ismereteket biztosító módszert.

A kedvező kutatási háttér és több évtizedes tapasztalat alapján új megközelítésben kívántuk vizsgálni a fehérjében gazdag alapanyagokból történő biogáztermelés lehetőségét. Tudjuk, hogy egy ilyen mikrobiális közösségben nagyon nagyszá-



4. ábra. Kazein alapanyag fermentációjából képződött biogáz mennyisége

biológiai rendszer végzi a szerves anyagok lebontását a biogázüzemekben vagy a kétrődő állatok összetett gyomrában. A szegedi és másutt végzett kutatások az utóbbi években megújult stratégiával folynak. Ehhez a molekuláris biológiai vizsgálati módszerek robbanásszerű fejlődése jött a kutatók segítségére. Korábban elképzelhetetlenül gyors és megbízható módszereket dolgoztak ki az univerzális örökítőanyag, a DNS-ben tárolt információ leolvasására. A szakirodalomban „új generációs szekvenáló módszereknek” nevezett áttörés a biológiai kutatások sok területén, így a biogázbiotechnológiában is új lehetőségeket kínálnak. A technikai részletek mellőzésével azt lehet elmondani, hogy az „új generációs szekvenáló módszerek” segítségével gyakorlatilag a biogáz-fermentáló mikrobaközösségről egy nagy felbontású csoportképet tudunk csinálni, olyasmint, mint amit a jobb térfigyelő kamerák vagy a térképező műholdak készítenek. Ahogyan a kamerák felvételeiről azonosítani lehet egyes embe-

mű, sokféle és egymástól eltérő tulajdonságú mikrobátömeg serénykedik. Feltételeztük, hogy közöttük vannak olyanok is, melyek a fehérjében gazdag alapanyagok lebontására szakosodtak. Ha ez így van, akkor a feladat megoldása ezeknek a mikrobának a „helyzetbe hozása” lehet. A korábbi kutatási stratégiákkal ellentétben, ezért nem a hagyományos C/N=20:1 körüli szubsztrátadagolás „arany szabályát” követjük, mert a mikrobaközösségnek radikálisan csak fehérjetáplálékot (C/N=4–5) biztosítottunk. Ilyen körülmények között vagy az következik be, hogy a mikrobaközösség működése a már bemutatott okok miatt összeomlik, vagy képesek alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez és sikeresen túlélnek a fehérjében gazdag táplálékon, miközben nagy mennyiségű biogázt állítanak elő. A drasztikus étrendváltást azért módjával vezettük be: az egész közösség fehérjebontó aktivitását mértük a fehérjediétára való átállás sikerességének követésére és szabályozására. A laboratóriumi kísér-

leteket speciálisan erre a célra kifejlesztett biogázreaktorokban végezzük, amelyeket egy szegedi cég, a Biospin Kft. közreműködésével fejlesztettünk ki (2. ábra). Ezek a berendezések kitűnően modellezik az üzemi biogázreaktorok felépítését és működését, folyamatos és szakaszos üzemmódban dolgoznak és minden működési paramétert automatikusan rögzítenek.

Kísérleteink megerősítették, hogy a mikroba közössége sikeresen vette az akadályt. Alkalmazkodtak a megváltozott körülményekhez és sikeresen termelnek biogázt stabilan, hosszú időn keresztül folyamatos táplálás mellett kizárólag fehérje alapú biomasszában élve. Először a vágóhidakon nagy mennyiségben keletkező veszélyes hulladékkal, sertésvérrel etettük a reaktorokat (3. ábra). Hasonló eredményeket kaptunk a tejipari melléktermék kazeinnel (4. ábra) és a szintén ártalmatlanításra szoruló húsliszttel, ami azt bizonyította, hogy az eljárás alkalmazható különféle fehérjében gazdag hulladékok hasznosítására. Bebizonyosodott az elméletileg számított eredmény is, hogy a fehérjékből fajlagosan (szervesanyag-tartalomra számolva) valóban több biogázt lehet előállítani, mint például a biogáziparban is kedvelt magas cukortartalmú biomasszákból (pl. silókukorica), ha az erre specializálódott mikrobaközösség végzi a munkát. A metagenomika alkalmazásával meghatároztuk, hogy milyen mikrobacsoportok és törzsek azok, amelyek különösen kivették a részüket a fehérjék lebontásából és melyek azok, amelyek háttérbe szorulnak a megváltozott alapanyag hatására. Az ismeretek birtokában lehetőség nyílik a közösség összetételének racionális megváltoztatásával a különféle alapanyagok hatékonyabb és optimálisabb lebontását elvégző mikrobakonzorciumok létrehozására. A kutató számára siker, hogy a természeti jelenségek megismerésének új lépcsőfokára juthattunk el. A biogáztermelés pedig hatékonyabban, gazdaságosabban valósítható meg ipari léptékben is, ha a folyamat kulcsszereplőit, a szemmel nem látható szorgos mikroba seregét az új módszerek segítségével figyelemmel kísérik, összehangolt életüket, működésüket tudatosan szervezzük meg.

KOVÁCS ETELKA-  
WIRTH ROLAND-  
MARÓTI GERGELY-BAGI ZOLTÁN-  
KOVÁCS L. KORNÉL

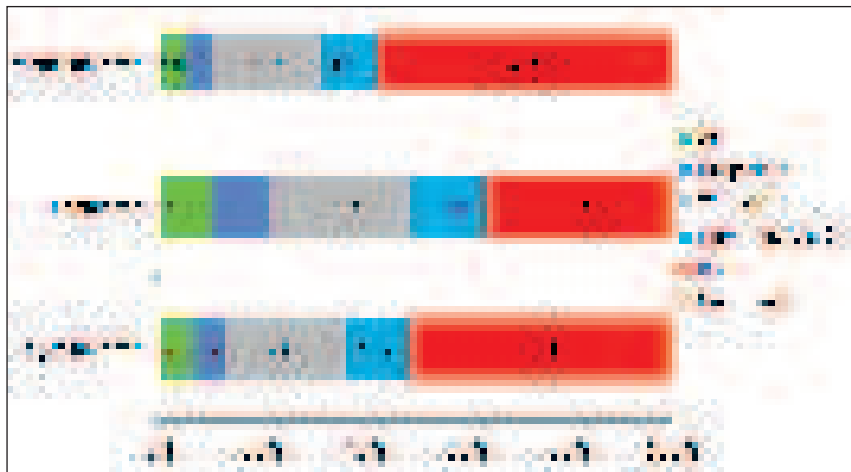
Köszönjük a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 jelű Jedlik Ányos ösztöndíj, valamint Prof. Kondorosi Éva akadémikus és Dr. Rákhely Gábor tanszékvezető egyetemi docens támogatását.

GEIGER ANDRÁS–HOLLÓ ANDRÁS

# Tartós aszfaltutak a MOL új termékével

*Az elhasznált gumiabroncsokból származó gumiőrlemény és bitumen összekeverésével gumibitumen állítható elő. Ez a módszer nemcsak a hulladékká vált gumiabroncsok gumi részének anyagában történő hasznosítását jelentheti, hanem megoldást kínál az aszfaltutak minőségének és tartósságának növelésére is. A gumibitumenek ütéptéti alkalmazása máig az USA-ban a legelterjedtebb; az elmúlt 40 év tapasztalatai egyértelműen igazolták műszaki, társadalmi és környezetvédelmi előnyeit. A hagyományos bitumenekkel épült aszfaltutakhoz képest a gumibitumenek előnyeként elsősorban a jobb minőséget, lényegesen nagyobb tartósságot (hosszabb élettartamot), kisebb életciklus- és útfenntartási költséget szokták kiemelni. A pozitívumok mellett a gumibitumen alkalmazásának nehézségei is vannak, példaként említve a jelentős beruházást igénylő speciális feldolgozó berendezések igényét, amelyek miatt széleskörűen mind a mai napig nem terjedt el, főként csak az USA-ban alkalmazzák.*

*A MOL a Pannon Egyetemen együtt folytatott kutatás-fejlesztési munka során olyan, a kőolaj-finomítóban megvalósítható gumibitumen gyártási technológiát és terméket dolgozott ki, amely alkalmazási módja az elterjedten alkalmazott polimerekkel modifikált bitumenekéhez hasonló, ezáltal széles körű elterjedése is lehetővé válhat. A kidolgozott eljárás és termék 2009-ben szabadalmi oltalmat kapott (HU 226481). A MOL a szabadalmi alapuló prototípus üzemét 2012-ben adta át, az új termék, a Gumival modifikált Bitumen (GmB) piaci értékesítése elkezdődött, az eddigi ütéptéti tapasztalatok kiválóak. Mivel hazánk aszfaltútjainak karbantartására és felújítására fordítható keretösszeg messze elmarad attól, ami az utak minőségének legalább a szinten tartását biztosíthatná, ezért hazánk útminőségének leromlása folyamatos. Hosszú távon ennek a kedvezőtlen tendenciának a megállításában vagy legalább lassításában nagy jelentőséget kaphat a GmB termék széleskörű ütéptéti felhasználása.*



1. ábra Az országos közúthálózat felületépsége 2012-ben

## Hazánk útjainak állapota

Hazánk állami tulajdonban lévő országos közúthálózatának hossza 31 628 km [1], a burkolatok állapotának megfelelő szinten tartása, szakmai előterjesztések szerint, évente

2500 km útszakasz felújítását igényelné [2]. Ezzel szemben a 2006–2011-es időszakban átlagosan 632 km hosszúságú felújítás történt évenként, vagyis a szükségesnek mindössze negyedrésze [2]. Ennek összértéke 173 milliárd Ft volt, ez éves átlagban 27 milliárd Ft rá-