

# Biogáz kutatási lehetőségek az Óbudai Egyetemen

**Bakosné Diószegi Mónika**

Óbudai Egyetem, Donát Bánki Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar  
Népszínház utca 8., 1081 Budapest, Hungary

**Abstract.** In our days the intention to reach energy safety became one of the most important aims of the developed countries. The production or the covering of energy supply is a key issue not only at Hungary, but in Europe and worldwide. The biogas is one form of renewable energy with not yet utilized potentials in Hungary. The future potentials of the biogas power plants can be based on the thorough knowledge of biogas production, The biomass preparing laboratory founded at the University of Obuda is able to serve the biogas research activity.

**Keywords:** energy safety, biogas, analytics, anaerob fermentor

**Abstract.** Az energiabiztonságra törekvés napjainkra a fejlett államok egyik legfontosabb célja lett. Nem csak hazai, európai, hanem világviszonylatban is kulcskérdés az energia előállítása, vagy beszerzésének fedezete. A megújuló energia egyik típusa a biogáz, melynek magyarországi lehetőségei még kiaknázatlanok. A biogáz erőművek számának hazai növelése a biogáz előállítás kutatásán alapulhat. Az Óbudai Egyetemen létrehozott biomassza előkészítő laboratórium lehetőséget ad a biogáz kutatással kapcsolatos tevékenységre.

**Keywords:** energiabiztonság, biogáz, analitika, anaerob fermentor

## 1 Bevezetés

Az elmúlt években az energiaellátás és energiafelhasználás problémája a biztonság kérdéskörének, így a nemzetközi biztonsági tanulmányok tárgykörének is egyik kulcskérdésévé vált. Az energiabiztonság növelésére nem csak törekedni, de számos intézkedéssel erősíteni, különböző támogatási rendszerekkel pedig ösztönözni kell az energiaszektorba beruházni kívánókat. Serkenteni kell a kihasználatlan, napjainkban

csak egyfajta tartalékként használható kapacitások kiépítését. Cél a minél többféle energiaforrásra támaszkodó gazdaságok kiépítése, az alternatív energiaforrások fejlesztése. A megújuló energetikai eljárások között különleges helyet foglal el a biogáz előállítása. Ezzel az anaerob technológiai eljárással sikeresen lehet „kezelní” a szennyezések szerves frakcióját. A hulladék kialakulását nem szünteti meg, ugyanakkor arra kiválóan alkalmas, hogy környezetbe kerülését megakadályozza, lehetőséget nyújtva közben „zöld energia” előállítására. A hatékony és gazdaságos metántermelés kutatása a biogáz üzemek létesítésére és szélesebb körű elterjedésére adhat lehetőséget. Az egyetemen kialakított biomassza előkészítő laboratórium alkalmas e terület kutatási tevékenységének biztosítására.

## **2 A biomassza előkészítő laboratórium berendezései**

A biomassza előkészítő laboratóriumban fellelhető berendezések három nagy csoportra oszthatók: a biogáz előállító berendezések, a biomassza előkezelő berendezések, és az analitikai mérőegységek.

### **2.1 Biogáz előállító berendezések**

A biogáz előállító berendezések alkalmasak különböző szubsztrátumok (szerves alapanyagok) anaerob lebontására, a biogáz előállítására. A laboratóriumban levő fermentorok között van olyan, ami kereskedelmi forgalomban kapható, de használatban van saját fejlesztésű reaktor-blokk is.

#### ***2.1.1 Kereskedelmi forgalomban kapható Fermac 320-as komplex bioreaktor***

A laboratóriumban 3 db Fermac 320-as biogáz fermentor (**1. ábra**) egység található. Feladatuk kísérleti úton meghatározni a különböző szerves biomasszából nyerhető biogázok optimális előállítási körülményeit, a megfelelő mikrobák kiválasztásától kezdve azok ideális működési körülményeinek (hőmérséklet, pH, redoxpotenciál stb.) meghatározásával és beállításával. Egy fermentor egység két részből áll, az anaerob fermentorból és a folyamatelemző, kiértékelő szoftverből. Az integrált, ugyanakkor moduláris rendszer főbb jellemzője az intuitív mérés és ellenőrzési rendszer. A fermentor fűthető-hűthető reaktor, mely könnyen cserélhető keverőkkel van ellátva. Az anaerob fermentorhoz csatlakoztathatók a perisztaltikus pumpák, melyek a tápanyag automatikus adagolását is lehetővé teszik.

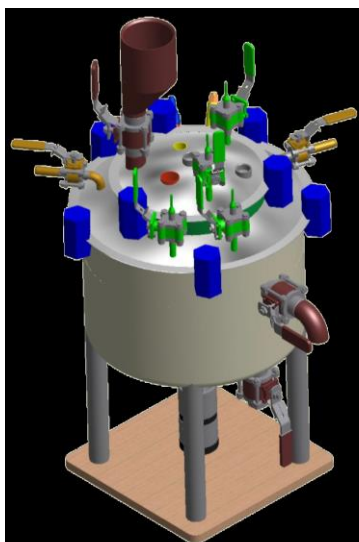


1. ábra Fermac 320

A folyamatlemező, kiértékelő fermentor szoftver teljes mértékben átveheti az erjesztési folyamatok irányítását, akár a távoli kezelés lehetőségével. [1]

### 2.1.2 Egyedi fejlesztésű Dupla-falú fermentor

A Dupla-falú fermentor az Óbudai Egyetem valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatóinak bevonásával fejlesztett termofil (55-60°C) és mezofil (37°C) környezetet biztosító reaktor berendezés. (2. ábra)

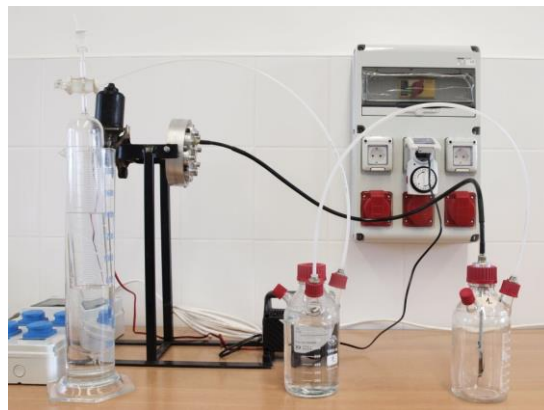


2. ábra Egyedi tervezésű dupla-falú fermentor

Alkalmas félüzemi kísérletekre, melyek szakaszos vagy folyamatos üzemmódban biztosítják az anaerob bomlási folyamatot. Az egység működési lényege, hogy a belső reaktor térben beállított 55-60 Celsius fokon történő előrohasztás a hulladék hőjét átadja a külső térnek. Az alapanyag ezáltal egy alacsonyabb mezofil hőkokon úgynevezett utórohasztáson is átmegy. A magas hőmérséklet biztosítja a rövid hidratációs időt, alacsonyabb főfokon történő utórohasztás pedig a további biogáz mennyiséget növeli.

### **2.1.3 Belső keveréssel ellátott egyedi fejlesztésű vízfürdős reaktor-blokk**

Az általunk tervezett bioreaktor blokkban 8 párhuzamosan működő reaktorban lehet biogázt előállítani. A reaktorok egyedileg készült 1000 ml térfogatú üvegek, melyeken található mintavételező, gázkivezető, és egy pH mérő számára kialakított csőcsomok, valamint egy nagyobb kivezetés a keverőszárnak (**3. ábra**). A fermentor edények egy vízzel teli kádban helyezkednek el, ami biztosítja az optimális mezofil bomlási folyamatot. A víz fűtése egy termosztáttal összekapcsolt, zárt rendszerű, vízzel teli rézcsővel van megoldva. A rendszer temperálása állandó 37 °C-os hőmérsékletre van beállítva. A kád egy duplafallal szigetelt faladában van elhelyezve, elzárva a reaktorokat a külső fénytől. A víz tetején úszó szivacsdarabok a kisebb párolgás, a jobb hőszigetelés és a fény elzárásának érdekében lettek elhelyezve.



**3. ábra** Szigetelt faladában elhelyezett vízfürdő temperálású bioreaktor-blokk és keverőrendszere

### **2.1.4 Inkubátorszekrény, mint a reaktorok hőntartását biztosító berendezés**

A 12 db reaktor egység egyidejű mezofil, szakaszos üzemű biogáz előállítás biztosítására alkalmas berendezés (**4. ábra**). A hőntartást és a sötétséget az

inkubátorszekrény belső környezete biztosítja. A reaktorok belső keverése nem megoldott valamint a folyamatos üzem szimulálására alkalmatlan, de összehasonlító vizsgálatok elvégzésére kitűnően megfelel.



4. ábra Reaktor egységek inkubálása a szárítószekrényben

## 2.2 Alapanyag előkezelő berendezések

### 2.2.1 SHARK

A Shark fantázianevet viselő gép egy vágómalom típusú nedves aprító berendezés.

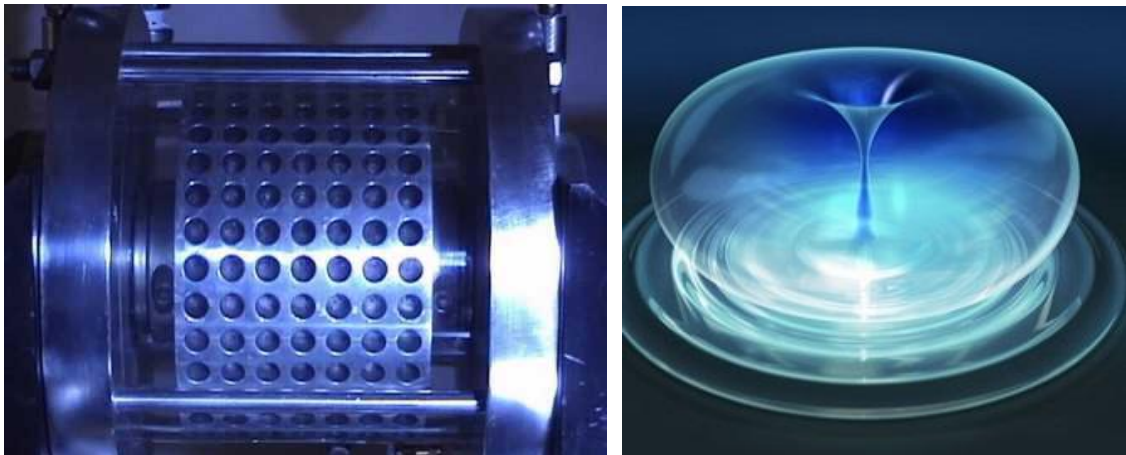


5. ábra Shark nyírótechnológiával működő vizes aprító berendezés

A gépben az alapanyag fajlagos felületnövelése és roncsolása, folyadéknyírás és ütközés elvén valósul meg. (5. ábra) A szerkezetben egy belső forgótárcsás rész a beadagolt maximum 8% szárazanyag tartalmú vizes szubsztrátumot körülbelül 170 m/s sebességre gyorsítva, jelentős nyíróerőt ébreszt a réteg határfelületein, szétroncsolva ezzel a részecskék tekintélyes hányadát. A gép alkalmas a vizes közeg ipari körülmények között történő többszöri recirkuláltatására.

### 2.2.2 Hidrodinamikus előkezelő berendezés

A növényi sejtek mesterséges aprítása történhet kavitációs jelenség segítségével.[2] A kavitáció során a szilárd felületek mentén keletkező buborékokban túszerű benyomódás alakul ki, ami azok összeomlásához vezet.



6. ábra Hidrodinamikus kavitációs berendezés részlete és a kavitációs buborék

(Forrás: <http://hydrodynamics.com/cavitation-technology/> és <http://www.cynergi.eu>)

A buborékok nem szimmetrikus összeomlásának hatására lökéshullámok alakulnak ki a folyadékban. A jelenség nagy hőmérséklet és nyomás mellett játszódik le. A keletkező lökéshullámok az anyagi részecskék jelentős felgyorsulását is eredményezik. Ezek ütközése nagymértékű változást okoz egymás felületi szerkezetében, reaktivitásában, így az anyagban kémia, szerkezeti és fizika alaktani átalakulások mennek végbe. [3] A hidrodinamikus kavitációs berendezés részlete és a kavitációs buborék jellemző alakja látható a 6. ábrán.

### 2.3 Analitikai berendezések

A biomassa előkészítő laboratóriumban a biogáz kísérleti előállításának eljárása a *VDI 4630 A szerves anyagok fermentálása* ajánlás alapján történik. [4]

A laboratóriumban termelt biogáz mennyiségének mérése a térfogatkiszorítás elvén alapszik. Értékét a gáz által kiszorított víz tömegéből digitális mérleg segítségével állapítjuk meg.

A biogáz gyors és pontos minőségi elemzését egy GC DANI Master Fast Chromatograph professzionális berendezés biztosítja. A kromatográf metódja a biogáz %-os metán értékének kimutatására van beállítva, kalibrálva.

A Nabertherm CE 4/11/R6 típusú kemencével az alapanyagok szárazanyag és szerves szárazanyag-tartalmának szabvány szerinti meghatározását lehet elvégezni. Az előírás szerint a 105 °C-on történik szárítás és 600 °C-on az izzítás. Az szubsztrátum Ts és oTS értéke azért kiemelten fontos, mert a fermentációban részt vevő alapanyagok egymáshoz viszonyított keverési aránya e jellemzők meghatározása alapján történik.

Sartorius AX224 négytizedes pontosságú mérleg alkalmas azon alapanyagok pontos mennyiségének tömegmérésére, melyek a fermentor térbe kerülnek. Továbbá a mérőműszer alkalmazott a TS és oTS tömegarányok pontos meghatározásánál, és a kémiai oxigén igény (KOI) mérés oldatainak elkészítéséhez.

A fermentációs vizsgálatok elején és végén a minták pH értékének meghatározását a FERMAC 320 típusú fermentációs bioreaktor pH mérője segíti. A mért értékkel megbecsülhető a biogáz minősége és visszajelzést ad az alapanyag gáztermelésének befejezésére is.

A Retch AS 200 rázógép a hozzá illesztett szitatálcáknak megfelelően a száraz alapanyag méretfrakcionálását és a szemcsék eloszlásának meghatározását teszi lehetővé.

## 3 A biomassa előkezelő laboratórium biogáz kutatásának lehetőségei

A biogáz előállítása - akár üzemi, akár laboratóriumi körülmények között vizsgáljuk - interdiszciplináris kutatási terület. A hatékony termelés függ az eljárást támogató technológiától, a mikrobiológiai és kémiai folyamatoktól. Az egyetemi gépészkari oktatóinak és hallgatóinak műszaki tudása miatt elsősorban a kutatás a gépészeti kialakításokat érintő fejlesztéseket érinti.

### 3.1 Alapanyag előkezelő eljárások kutatása

Nagy területet átfogó kutatási lehetőség a Shark és a hidrodinamikus kavitációs berendezés alkalmazhatóságának megállapítása, a különböző alapanyagok tekintetében. Mindkettő gépegység az alapanyag nedves aprítását, felületroncsolását teszi lehetővé. Folytak vizsgálatok a szennyvíztisztító telep fermentlevének és vízbe áztatott búzaszalma Shark-kal történő kezelésére. Mindkét alapanyag esetében a berendezés működtetése és az alapanyag előkészítés változó paramétereinek optimalizálása megtörtént. [5]

Az időben nagyon elhúzódó, egyesével léptetett változók számtalan ismételt kísérleti értékeinek meghatározása helyett a statisztikai elemzés nyújthat segítséget. A kísérleti teret és a kísérlet összeállítását a hazai és nemzetközi szakirodalomban alátámasztott módszer alapján kísérlettervezéssel (Design of Experiment) lehet támogatni [6]. A kísérlet során mért eredmények statisztikai elemzéséhez pedig varianciaanalízis és statisztikai program használt. A matematikai modell felállítása és a kapott értékek feldolgozása alapján a körülmények optimalizálása egyéb megújuló energiaforrás kutatása során is gyakran alkalmazott [7]. Az előkezelés körülményeinek beállítását különböző alapanyagokként lehetne vizsgálni az egyik és a másik berendezés esetében is.

Továbbá érdekes technológiai megoldás jelenthetne egyazon alapanyagnak a két berendezéssel egymás után történő felületroncsolása. Természetesen ezekben az esetekben is a sok változó paraméter miatt célratoró a kísérletterv összeállítása és statisztikai elemzése.

### 3.2 Laboratóriumi bioreaktor tervezése

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépészeti kara lévén, az egyes laboratóriumi eszközök újragondolása, újratervezése, esetleg a megszokottól teljesen eltérő kivitelezésű berendezések működésének ellenőrzésére is lehetőséget nyújt a laboratórium. Ilyen fejlesztés alatt álló berendezés a vízfürdős bioreaktor-blokk. A laboratóriumi fermentorok kereskedelemben kapható típusait és árait végignézve megállapítható, hogy olyan bioreaktor-blokk, ami egyszerre több párhuzamosan futó fermentációra képes és az egyes reaktorokban a keverés is kivitelezett nem található. Ha külön egységekből építenénk fel a blokkot pedig nagyon költséges lenne a beszerzésük. Ezen megállapítások miatt kezdtünk bele a 2.1.3 fejezetben bemutatott belső keveréssel ellátott egyedi fejlesztésű vízfürdős reaktor-blokk kialakításába. A berendezés a fejezetben taglalt állapotában működik a laboratóriumban. Ugyanakkor ez csak egy közbelső tervezési fázisa a blokknak. További megoldásokat igényel például a



rendszer mobil állványzatra helyezése, a faláda tetejének a felhasználó oldaláról kényelmes nyitási lehetősége, vagy a reaktorok belső keverésének újragondolása. [8]

Szintén laboratóriumi gépészeti megoldásra vár egy fekvő reaktor kialakítás is. Ennek paraméterei célszerű ha megegyeznek a 2.1.1 pontban taglalt 5 liter űrtartalmú Fermac 320-as bioreaktorral. A fekvő elrendezésű reaktor teljesítménye így kontroll mérésekkel összehasonlítható a kereskedelmi forgalomban levőhöz. Ennek a berendezésnek a kialakítása is hosszabb fejlesztési folyamat lehet, melynek ellenőrzésére az analitikai eredmények nyújtanak lehetőséget.

Az ipari részéről, mindig igényként merül fel a maximális biogáz és metánhozam igénye egy-egy alapanyag esetében. A rothasztás határfokának növelése az alapanyag fajlagos felületnövelésével is elérhető. Olyan gépészeti berendezés megtervezése is valós ipari igényen alapul, amely képes akár nedves, akár száraz alapanyag mechanikus előkezelésére is. A különböző mechanikai elven működő felületújító technológiák irodalomkutatása és megismerése után egy saját tervezésű laboratóriumi méretű prototípus gyártása is igényként merül fel. A megvalósítást követően a berendezés hatásfoka a validált analitikai mérések után megállapítható.

### **3.3 A biogáz üzemi körülményeinek modellezése**

2.1.1 pontban bemutatott forgalomban kapható Fermac 320-as bioreaktor segítségével modellezni lehet a biogáz előállítás üzemi körülményeit. Az üzemekben előfordulhat a fermentlé pH értékének savas irányba tolódása, a fermentor fűtésének, vagy keverésének meghibásodása. A Fermac reaktorral a körülmények változásának hatása az idő és/vagy a teljesítmény függvényében megoldható és online naplózható. Analitikai mérésekkel pedig az egyes hatások tovább elemezhetők, és matematikai képlettel előre meghatározhatók, prognosztizálhatók.

## **4 Konklúzió**

A cikk fejezetei összefoglalják a biomassza előkészítő laboratórium berendezéseit, és az általuk biztosított kutatási irányokat és lehetőséget. Mivel a biogázkutatás interdiszciplináris tudomány terület így a fenti irányvonalakon, elképzeléseken és terveken kívül még számtalan a gépészet, mikrobiológia, energetika, analitika, kémia-területen belül egyéb kutatási ötlet is teret kaphat.

## Köszönetnyilvánítás

Az értekezés a biomassza előkészítő laboratóriumban dolgozó oktatók, hallgatók és laboránsok tapasztalatainak segítségével jött létre. A laboratóriumi berendezéseket tartalmazó fényképek a laborban készültek.

## Hivatkozások

- [1] Bakosné Diószegi Mónika, Horváth M., Legeza László Biogáz laboratórium fejlesztése, In: Péter Tamás (szerk.) Innováció és fenntartható felszíni közlekedés, ISBN 978-963-88875-2-8, pp. 325-330, Budapest, Magyarország, (2011.08.29-31.)
- [2] Miklos Horvath: The Effect of Comminution as a Pretreatment Method Used in the Process of Anaerobe Fermentation of Lignocellulose Substrate on Biogas Yield, In: László Nádai, József Padányi (szerk.), 184 p., Zürich: Springer International Publishing, 2016. pp. 141-152., (Topics in Intelligent Engineering and Informatics; 12.) (ISBN:978-3-319-28090-5)
- [3] Erzsébet Anca, Mónika Bakosné Diószegi, Miklós Horváth: Hydrodynamic Cavitation Device that Makes Straw Cuts Suitable for Efficient Biogas Production, APPLIED MECHANICS AND MATERIALS 564: pp. 572-576. (2014)
- [4] VDI 4630 – Szerves anyagok fermentálása - A szubsztrátum jellemzése, mintavételezés, lényeges adatok gyűjtése, fermentációs tesztek, p. 58., Verein Deutcher Ingenieure, Düsseldorf, (2006)
- [5] Bakosné Diószegi Mónika: Speciális mechanikus előkezelés hatásának vizsgálata biogáz hozam növelése céljából, Doktori disszertáció, p. 145. , Budapest (2015)
- [6] S. Tedesco, K.Y. Benyounis, A.G. Olabi.: Mechanical pretreatment effects on macroalgae-derived biogas production in co-digestion with sludge in Ireland, Energyjournal homepage: [www.elsevier.com/locate/energy](http://www.elsevier.com/locate/energy), 2013. Whitham, G. B.: *Linear and nonlinear waves*, Academic Press (1974)
- [7] Sánta Róbert, Garbai László, Füstner Igor: Optimization of heat pump system, ENERGY Volume 89, pp. 45-54. (2015)
- [8] Kiss Zsolt: Vízfürdő temperálású bioreaktor-blokk teljesítményoptimalizálása, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki kar, Szakdolgozat, p. 54., Budapest (2016)