

LABORATÓRIUMI BIOGÁZ REAKTOR FEJLESZTÉSE

DEVELOPMENT OF A LABORATORY BIOGAS REACTOR

Bakosné Diószegi Mónika, PhD/ Pelle György Tamás

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Biogáz kutató laboratóriumában az előállított biogáz mennyiségének, minőségének és a lebomlási időnek a vizsgálata, a fermentáció optimalizálása jelenti az elsődleges vizsgálati szempontot. Az üzemi környezetet modellező berendezések azok a laboratóriumi eszközök, műtárgyak, melyek segítségével történik a bomlási folyamat biztosítása és annak analízisa. Az egyik laboratóriumi vízfürdős bioreaktor blokk, továbbfejlesztését tűztük ki célul az üzembiztoság, a pontosság és a kezelő igényei alapján. A tanulmány, ennek a gépészeti és mechatronikai megvalósításait foglaljuk össze.

ABSTRACT

In the Biogas Research Laboratory of the Bánki Donát Faculty of Mechanical and Security Engineering of Óbuda University, the primary aspect is the examination of the amount, quality and decomposition time of the produced biogas, as well as the optimization of fermentation. Equipment for modeling the operating environment are the laboratory tools and works of art that are used to ensure and analyze the process. One of the laboratory waterbioreactor bioreactor units, we aim to develop based on operational reliability, accuracy and operator requirements. In this article, we summarize the mechanical and mechatronic implementations of this.

1. BEVEZETÉS

A fejlett államok energiapolitikája kulcskérdés gazdasági, szociális és külpolitikai szempontból is. Az energiaigények fedezetének forrását az adott ország földrajzi adottsága határozza meg. A helyi lehetőségek kihasználása biztosítja az energiafüggetlenséget, túltermelés esetén pedig jelentős bevételi forrást jelenthet. Hazánk nem bővelkedik fosszilis energiaforrásban. Ugyanakkor a jelentős biomassza készletének feldolgozása számottevő mennyiségű megújuló energiahordozó előállítását biztosíthatja.

Szerves anyag anaerob fermentációja során biogázt állíthatunk elő. A mikrobiológiai folyamat során értékes energiahordozó gázt,

biometánt nyerhetünk. Az eljárással környezetvédelmi hulladékkezelést végzünk, hiszen a máshol nem hasznosított, vagy ártalmatlanításra váró szerves hulladék az alapanyag. Az anaerob fermentációs folyamat legvégén pedig értékes biotrágyát nyerünk.

A biogázüzemek mikrobiológiai folyamatának megismerését, hatékonyságát vagy annak növelését laboratóriumi vizsgálatokkal kontrollálják. A laboratóriumi reaktorok segítségével végzett kísérletek eredményei alapján meghatározott előrejelzések annál pontosabbak, minél inkább hasonlítanak a műtárgyak a nagyüzemi technológiát biztosító berendezéshez. Az egyetem biogáz kutató laboratóriumában található vízfürdős reaktorblokk egy több éve tartó fejlesztés eredménye. Jelenlegi állapotában további átalakításra szorul mind a kísérletek validitásának biztosítása, a prognózisok pontosítása, mind a használatának egyszerűsítése miatt.

2. A FEJLESZTENI KÍVÁNT VÍZFÜRDŐS REAKTORBLOKK

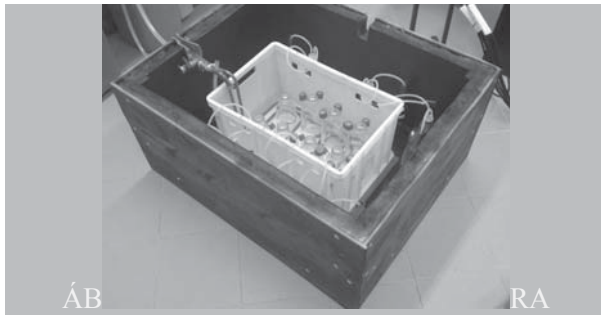
Szerves anyagok anaerob rothasztási folyamatának biztosítása és optimalizálása a biogázüzemek technológiájának elsődleges feladata. Ez alapján a biogázüzemi reaktorral szemben támasztott követelmények [1]:

- adott hőmérsékleten történő temperálás ($37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$),
- oxigéntől elzárt reaktortér,
- fénytől elzárt reaktortér,
- a reaktortér keverése.

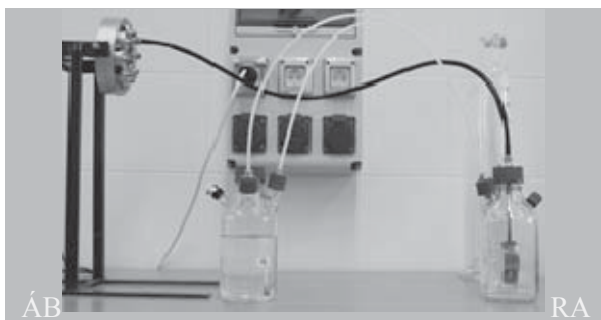
Az egyetemen tervezett és kialakított reaktorblokkban termosztáttal temperáló vízfürdős környezet biztosítja a benne elhelyezett 8 reaktor üvegnek a hőmérséklet állandóságát. A vízfürdős egység a szigetelés céljából egy duplafalu ládában helyezkedik el. (1. ábra). A fénytől elzárt reaktorteret szintén e láda tetejével történő lezárás biztosítja.

A keveréshez szükséges nyomatékot egy villanymotor generálja a tervezett fogaskerék áttételen keresztül. Ehhez csatlakozik 8 db bowden szál, ami a reaktorüvegek keverőszárának felső keverődugó részéhez menetes végződésével csatlakozik. A keverődugó

természetesen az üveg szájához légmentesen elzárt kivitelben csatlakozik. (2. ábra)



1. ábra A rendszer elhelyezése a duplafalu ládában (Forrás: saját kép)



2. ábra A motor állványa, a hajtásegység, a bowdenszál és a reaktor a keverőszárral (Forrás: saját kép)

A reaktortérben levő szerves anyag (szubsztrátum) homogenizálására a keverőszár végére rögzített keverőlapát szolgál, ami vezérlése időzítő segítségével automatizált. [2]

A reaktorblokkon végzett több éves gépészeti és egyéb átalakítások helyességét a fermentációs kísérletek igazolták. A laboratóriumi anaerob rothasztása és analitikája a VDI 4630 Szerves anyagok fermentálása irányelv alapján történt. [3]

3. A REAKTORBLOKK FEJLESZTÉSEI

A berendezés többéves használata során felmerült problémák megoldására célul tűztük ki a rendszer továbbfejlesztését, átalakítását. Az alábbi területeken történtek a fejlesztések:

1. Temperáló egység
2. Mennyiségi mérés
3. Kezelhetőség
4. Keverés és vezérlés.

3.1. A temperáló egység fejlesztése

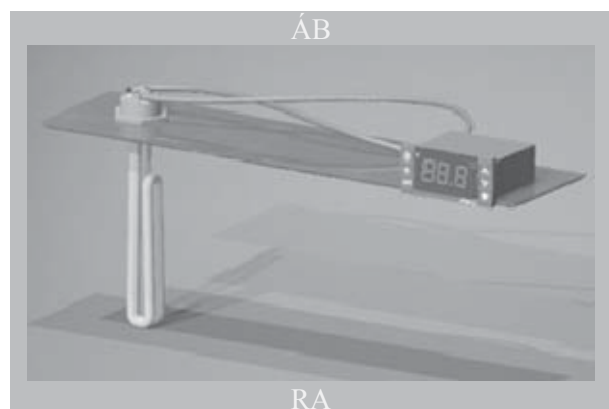
A berendezés temperáló egysége elavult technológiájú, higanyos hőmérő által kapott

jelek alapján működik. A kívánt hőmérséklet beállításához a hőmérséklet tetején található tekerőgombot kell használni, ami egy menetes orsót mozgat a hőmérő belsejében. A hozzá csatlakozó anya segítségével egy skáláról olvasható le a beállított hőmérséklet.

Mivel az egység teljes átépítését tűztük ki célul, ezért a régi termosztát kiváltására egy KO33 jelzésű rozsdamentes acélból készült új tartályt terveztünk. Ez magába foglalja a hőközlő folyadékot, a szivattyút, a fűtőbetétet és a hőmérő egységet. A tartály oldalán elhelyezésre kerül 2 csatlakozó pont is, amihez a rozsdamentes anyagból fűtőcső csatlakoztatható.

A tartály fedelén kap helyet a digitális ipari termosztát, amellyel 0,1°C pontossággal lehet szabályozni a fűtött víz hőmérsékletét. A digitális termosztát DIXELL XR01-02CX típusú relés kimenete a fűtés vezérlésére szolgál. A készülék 1 db NTC szonda bemenettel és egy digitális bemenettel rendelkezik. A készülék teljes mértékig és könnyen konfigurálható a billentyűzet vagy a HOT KEY programozókulcs segítségével beállítható paramétereken keresztül. [4]

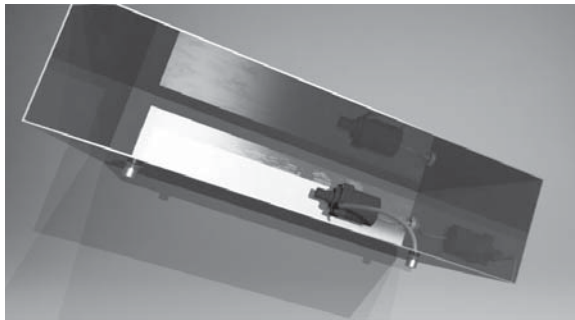
A fedélre kerül rögzítésre a fűtőbetét is. [5] Olcsó és egyszerű megoldásként egy olaj és vízmelegítőben használt 2 x 750W-os a fűtőszálat választottunk, amit a digitális termosztáttal egyszerűen lehet vezérelni. (3. ábra)



3. ábra Fűtőbetét és termosztát beépítése (Forrás: saját kép)

A folyadék áramoltatásához egy 12V-os egyenárammal működő 14W teljesítményű 500 l/óra szállítási teljesítményű szivattyú került beépítésre, amit a tartály aljára helyezünk (4. ábra). Műanyag csővel történik a nyomóoldali

csatlakozó csomagtű és a tartály elmenő oldali ágának összekötése.

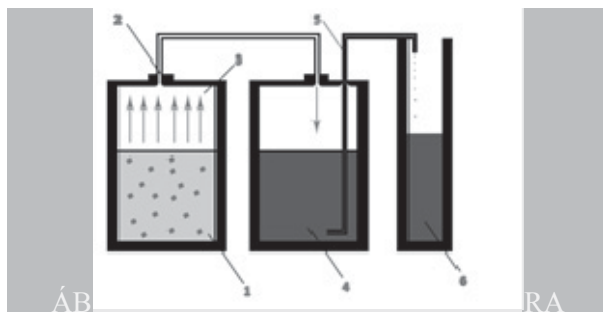


4. ábra Szivattyú elhelyezése a puffertartályban (Forrás: saját kép)

Az új temperáló egység pontosabban szabályozható, nagyobb teljesítményű fűtést kapott, amivel hamarabb képes elérni az üzemi hőmérsékletet. A szivattyú, mivel a tartályban kap helyet csendesebb, mint elődje.

3.2. A termelt biogáz mennyiség mérése

Jelenleg a blokkban a gáz mennyiségi mérése a szakirodalomban bevált térfogat kiszorítás elve alapján valósult meg. [6] A módszer alkalmas párhuzamos, összehasonlító mérések kivitelezésére. A fermentlevet tartalmazó edényt (1) egy furatos kupakkal és egy szilikonlappal zárjuk le és tömítjük. A szilikonlapba egy injekciós tűvel ellátott szilikoncsővet (2) szúrunk, amely cső egy szilikondugóval ellátott edénybe vezet át a termelt gázelegyet (3). A második üvegedény (4) aljára levezetünk egy másik csövet (5), amely a korábban említett szilikon záródugón keresztül egy harmadik edénybe (6) továbbítja a termelt gáz által kiszorított vizet. (5. ábra)

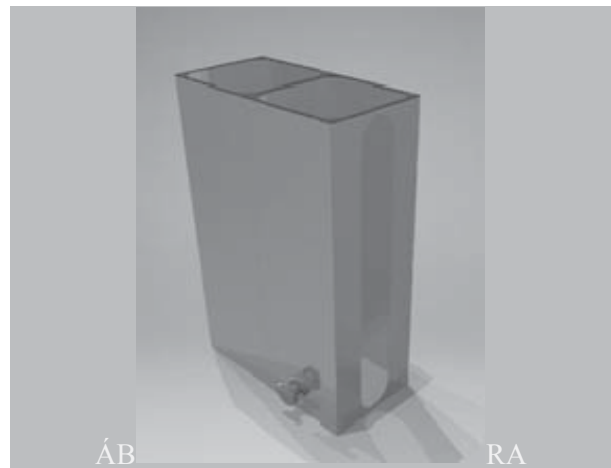


5. ábra A batch mérés jelképes működési ábrája és fényképe (Forrás: saját kép)

A térfogat kiszorítás elve alapján működő gázhozammérés a középső „vizes” üveg

mindennapos megbontásával majd újra zárásával hibát vihetett a rendszerbe. Továbbá a számtalan elvégzett mérés alapján kiszámítottuk, hogy a teljes kísérlet alatt egy 400ml-es reaktorban fejlődött biogáz legfeljebb 2l vizet nyom át.

A fenti észrevételek alapján a két mérőüveg egy közös tartályban lett kialakítva, amik megnövelt összterfogatára 6 liter lett. A mérés továbbra is térfogatkiszorításos elven valósul meg, viszont a kiszorított víz mennyiségét nem mérleggel, hanem a víz szintjének mérésével valósítottuk meg. (6. ábra)



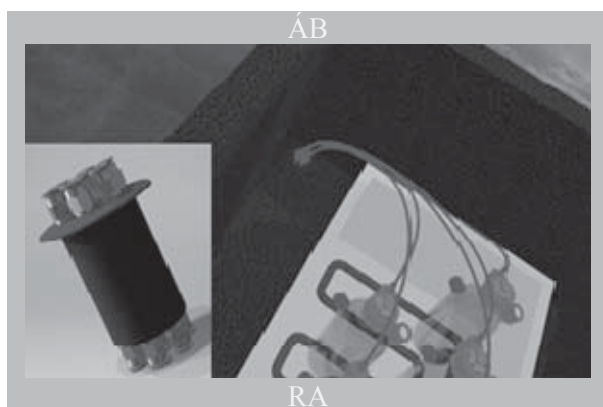
6. ábra Ikertartályok (Forrás: saját tervezés)

Az optikai távolságmérő műszerek olcsók, kicsik, és pontosak, valamint igen széles távolsági tartományban használhatók. A kiválasztott optikai szenzor Sharp GP2Y0A41SK0F típusú háromszögletes elven működő optikai távolságmérő egység. Egy LED megvilágítja a szenzor elé helyezett testet, a test által visszavert fényt a szenzorba épített vevőegység érzékeli, ennek hatására analóg feszültség jelet ad ki a távolság függvényében. [7] Az ikertartály mérőcellájában egy fehér bevonatú poliuretánhab úszóként szolgál, ezt a felületet fogja a szenzor látni. Ezen a tartályon kapott helyet egy referencia csavar is, a mérőcella vízszintjének beállítása végett. A tartály oldalához hegesztett rozsdamentes karimával csatlakozik.

A közvetett mérési eljárás miatt a beérkezett jeleket át kell alakítani. Ezeket egy Velleman K8047 típusú négycsatornás rögzítő dolgozza fel, ami USB kábellel egy számítógéphez csatlakoztatható. Az így mért feszültség értékek már digitális formában

jeljenek meg egy text fájlban. Ehhez szükség van a PCLab2000Se nevű software-re, ami a négycsatornás rögzítőhöz tartozik.

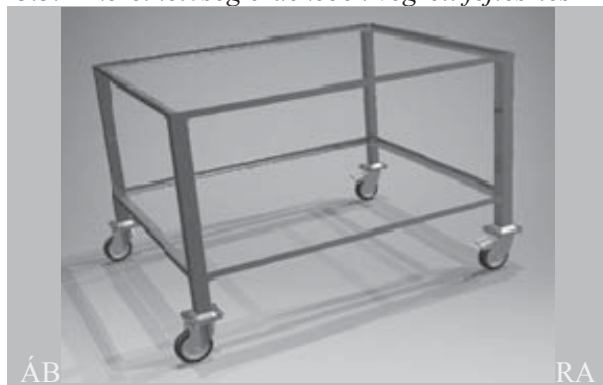
Az átlagosan 2 hetes kísérleti időtartamból kiindulva a feldolgozni kívánt mérési adatok száma a legnagyobb mintavételezési idővel számolva is meghaladja a 86000-et reaktoronként. A kiértékelés során indokolatlanul sok mintát kéne bevinni, valamint a grafikus ábrázolás is problémába ütközne. Emiatt Python programozási nyelv használatával készítettünk egy fájlt, ami képes minden 360. időpillanatban mért adatot kiemelni a listából és továbbítani egy külön text fájlba. Ezzel a módszerrel már csak 240 adat marad, amit lényegesen könnyebben kezelhető.



7. Gázátvezető dugó és beépítése (Forrás: saját tervezés)

A keletkező gáz, pneumatika csöveken áramlik a tartályokba. Ennek szivárgásmentes biztosítását a ládán belülről egy pneumatika csatlakozókkal ellátott esztergált műanyag-dugó (7. ábra)

3.3. A kezelhetőség érdekében végzett fejlesztés



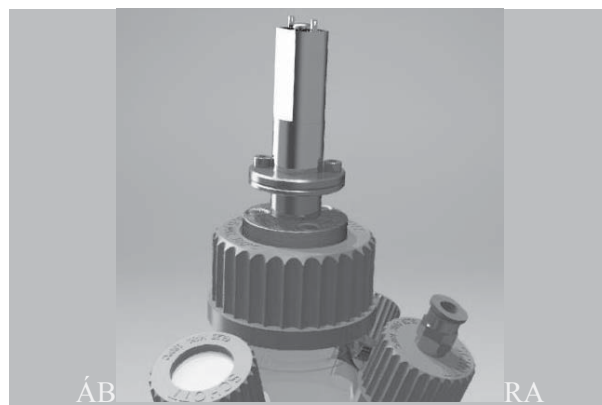
8. ábra Rögzíthető guruló állvány (Forrás: saját kép)

A berendezés méretéből és súlyából adódóan a mozgatása több embert igényelt. Gyártottunk a reaktorblokkhoz egy keretet, amely kerekeken gurul, de igény esetén rögzíteni is lehet a fékek segítségével. A keret alsó részén is található egy polcnak kialakított rész, ide kerül egy beszabott bútorlap, amire helytakarékoság szempontjából az ikerartályok kerültek. (8. ábra)

3.4. A reaktortér keverése és a vezérlés

A fejlesztett reaktornál individuális keverési módot választottunk. Minden reaktorra, egy adapterrel felszerelt 6V tápfeszültségű 30 1/min fordulatszámú bolygóműves modellezésnél alkalmazott mikromotort terveztünk.[8] Ezzel a megoldással akár minden reaktorban külön-külön beállítható a keverés és annak fordulatszámja is. (9. ábra)

A párhuzamosan indított, összehasonlító mérések bővítési lehetősége miatt cél a reaktorok számának 8-ról 12 üvegre növelése. Ebből számolva a tápegységnek 12 motor teljes terhelésénél hozzávetőlegesen 8A-t kell tudnia, így biztonsági szempontból minimálisan 15A névleges áramú tápegységre van szükség. Ezen paraméterek alapján az RSP 5V/75W/15A típusú tokozott tápegységet választottuk.



9. ábra Keverőmotor beépítése (Forrás: saját kép)

A kiértékelés megkönnyítése érdekében további cél egy központi egységgel feldolgozni az összes beérkező adatot, valamint egységes kezelőfelületet létrehozni. Ezzel a reaktorok pillanatnyi töltöttségi szintjét tudjuk megtekinteni, illetve a kísérlet kifizásával, a végső állapotot akár egy adathordozó eszköz segítségével egy másik számítógépre, akár hálózaton keresztül letölthetjük. Továbbá távolról vezérelhetővé tehető a keverés és a hőfokszabályozás is.

Ehhez alkalmas egy Raspberry Pi 4 Model B 4Gb típusú mikroszámítógép, valamint egy ARDUINO MEGA 2560 REV3 típusú mikrokontroller. [9] [10] Ezen eszközök segítségével, vezérelhető és ellenőrizhető a keverés és a töltöttségi szint, akár minden egyes reaktornál is. Továbbá a digitális termosztáton beállított hőmérsékletet is szabályozható.

A választott Arduino 16 analóg bemenettel és 54 digitális ki és bemenettel rendelkezik, ami alkalmas a 12 távolságérzékelő szenzor jeleinek feldolgozására, illetve a reaktorokon található keverő motorok vezérlésére. A szenzorok jeleit egyszerűen digitalizálás után továbbítja a számítógépnek.

A keveréshez viszont szükséges a dedikált tápellátás, ugyanis a motorok összesen, hozzávetőlegesen 8A áramot igényelnek, így a mikrokontroller mellé szükség van egy külön elektronikai egységre, amely 12db MOSFET segítségével, digitális jel hatására, képes a motor tápfeszültségének kapcsolására.

8. ÖSSZEGZÉS ÉS TOVÁBBI TERVEK

A kész berendezés alkalmas akár 12 kísérlet párhuzamos lefuttatására, melyhez az összes szükséges funkció egyetlen számítógépről vezérelhető akár távolról is, illetve a paraméterek leolvashatók.



10. ábra Teljes berendezés összeállítva
(Forrás: saját tervezés)

Nem szükséges kísérlet közben megbontani az egységet, ugyanis a növelt térfogat lehetővé teszi, hogy nagyobb mennyiségű folyadékot tároljunk a víztartályban, mint a keletkező gáz mennyisége, amivel csökkenthetjük a hibalehetőségeket. A vízfürdő hőmérséklete a digitális termosztáttal pontosan szabályozható,

ami fontos a reprezentatív mérések kivitelezéséhez. Az új szivattyú pedig csendesebb. A berendezést egy egységként lehet kezelni, mozgatni, ha szükséges akár egy ember számára is. (10. ábra)

9. IRODALOM

- [1] Bai A.: A biogáz, 2007 Száz magyar falu könyvesháza, ISBN 978-963-7024-30-6
- [2] Mónika Bakosné Diószegi, Miklós Horváth: Experiments with a Newly Developed Biogas Reactor Block, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 12: (1) pp. 175-188.
- [3] VDI 4630 – Szerves anyagok fermentálása - A szubsztrátum jellemzése, mintavételezés, lényeges adatok gyűjtése, fermentációs tesztek, p. 58., Verein Deutcher Ingenieure, Düsseldorf, (2006)VDI 4630
- [4] „Inter Thermo KFT,” 15. Október 2019.. [Online]. Available: <https://inter-thermo.hu/digitalis termosztat dixell xr 06cx5 szondaval 88DI.XR006CX230>.
- [5] „Szinimpex,” [Online]. Available: <https://webshop.futoszalak.hu/Futobetetek-ipari-viz-es-olaj-melegitokbe-2x750-W>. [Hozzáférés dátuma: 20. Október 2019.].
- [6] OjikutuAbimbola, Osokoya Olumide Evaluation of Biogas Production from Food Waste The International Journal Of Engineering And Science (IJES) ISSN (e): 2319 <http://www.theijes.com/papers/v3-i1/Version-2/A030102001007.pdf>
- [7] Sharp GP2Y0A41SK0F optikai szenzor https://hu.farnell.com/sharp/gp2y0a41sk0f/sensor-distance-analogue-output/dp/1618431?gclid=CjwKCAiA0svwBRBhEiwAHqKjFtNijLyC1XC0Sc94-Jg-JJuu8q9GQ1syPAPMX7mI4qVKVEMrMr4phoC8UQQAvD_BwE&mckv=slkcnuu7a_dc|perid|301811266682|keyword|+gp2y0a41sk0f%20+sharp|match|b|plid||slid||product||pgrid|60719818955|ptaid|kwd-438843183104|&CMP=KNC-GHU-GEN-SKU-MDC
- [8] 25. Október 2019.. [Online]. Available http://www.elektrobot.hu/termek.php?filename=nyomatek_motor_B_30rpm.html&i=298
- [9] 20. Október 2019. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- [10] „2019 Arduino,” 20. Október 2019.. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc>