

## FEKVŐ ELRENDEZÉSŰ ANAEROB REAKTOR TERVEZÉSE

### DESIGN OF A HORIZONTAL ANAEROBIC REACTOR

Bakosné Diószegi Mónika

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, Cím: 12345678, Magyarország, 1081 Budapest, Népszínház utca 8.; Telefon / Fax: +36-30/268-3519, dioszegi.monika@bgk.uni-obuda.hu*

#### Abstract

The economics of biogas plants have an impact on the justification of the industrial unit. The conditions of high-yielding high-quality biogas production are estimated on the basis of laboratory fermentation studies. In designing the laboratory fermenters working conditions must be modeled. However, the biggest problem of the biological model is in its size, because the magnitude less than in industrial applications and therefore extremely sensitive to environmental influences. During the design an important aspect was that the periodic mixing of the raw material can be done in the reactors like in the industry. Based on the article shows the development steps of a lab equipment based on empirical research.

*Keywords: mixing, anaerobic fermentation, design, implementation*

#### Összefoglalás

A biogáz üzemek gazdaságossága kihat az ipari egység létjogosultságára. A nagy hozamú, jó minőségű biogáz termelés körülményeit a laboratóriumi fermentációs vizsgálatok alapján becslik. A laboratórium fermentorainak kialakításakor törekedni kell az üzemi körülmények modellezésre. A biológiai modell legnagyobb problémája annak mérete, mert jóval kisebb az ipari reaktoroknál, így érzékenyebb a környezeti hatásokra. Emiatt a tervezés során nagyon fontos szempont például a nyersanyag rendszeres keveredése a reaktorban, hasonlóan az ipari fermentorokhoz. Ezek alapján a cikk egyempirikus kutatómunkára épülő laboreszköz fejlesztés lépéseit mutatja be.

*Kulcsszavak: keverés, anaerob fermentáció, tervezés, kivitelezés*

#### 1. Bevezetés

Az Óbudai Egyetem biogáz laboratóriumában függőleges elrendezésű batch rendszerekkel dolgoznak, melyek kialakítására jellemző a kevert és a keveretlen kivitel. A batch eljárás során a reaktorba egyszerre adagoljuk be az összes alapanyagot. Ezt követően sem rátáplálás sem anyagelvétel nem történik a rendszeren belül. A gázképződés lassan indul meg, majd folyamatosan

növekszik, végül csökken és leáll. Az üzemi rendszerekben folyamatos vagy szakaszos keverést szoktak alkalmazni az erjesztő térben keletkező úszó kéreg és leülepedett iszap miatt. [1] A kutatóműhely több batch reaktor egységei közül a legprofesszionálisabb a 3db Fermac 320-as 5 literes bioreaktor (**1. ábra**).

Az egységek teljesen automatizáltak, távoli eléréssel is irányíthatók, naplózzák a pH változását, a hőmérséklet és a keverés

paramétereit. Használatuk még sem kedvelt, mert a gyárilag kapott keverőlapátokkal a gyakran vizsgált kísérleti alapanyag (növényzet) keverésére, homogenizálására alkalmatlan.



1. ábra. Fermac 320 egységei

Ez alapján célként tűztük ki a Fermac automatizált tulajdonságaira építve egy egyedi horizontális elrendezésű reaktor megtervezését és kivitelezését. A tervezett majd legyártott berendezés működését empirikus és összehasonlító módszerrel ellenőriztük.

## 2. A keverés a bioreaktorban

A keverés lényege, hogy nem engedi leülepedni a folyadék közegben a szárazanyagot, valamint homogenizálja a közeget és intenzifikálja a biológiai folyamatokat. Így a gáz termelésért felelős baktériumok számára nagyobb az elérhető felület, több biogáz képződik.

A Dán Műszaki Egyetem Környezet és Energetikai karán végeztek batch kísérletet 55°C-on a keverés intenzitásának (minimális, gyenge, erőteljes) hatásairól. Kimutatták, hogy ha túlterhelik a rendszert (túl magas szubsztrátum tartalom) akkor a minimális keverés a leghatékonyabb. Folyamatos rendszernél pedig, betáplálás előtt 10 percig történő minimális keverés volt az ideális. [2]

A bioreaktorok mechanikus úton történő keverése a leggyakoribb módszer ipari méretekben. A függőleges síklapú keverőket (Rushton), elsősorban magas fordulatszámú keveréshez használják. Ez baktérium kultúrák keverésénél ideális, de növényi sejtek keverésénél már kevésbé hatékony. A Fermac 320-as rendszer is ezzel felszerelt. Növényi hulladék keverésénél hatékonyabb a különböző dőlés szögű propellerek használata, melyekkel axiális irányú keverés is megvalósítható. [3]

## 3. Horizontális reaktor kialakítások

A horizontális dob reaktor egyik típusa, mikor maga a reaktortestként funkcionáló dob szerkezet forog. Az ehhez erősített lapátok és emelő csigák végzik a szükséges keverést, a dobtestet pedig villanymotorokkal hajtott görgőkkel forgatják.

A második csoportba azok a reaktorok tartoznak, melyek rögzített tartályok, és valamilyen keverő berendezés üzemel a belső terükben. A laboratóriumi méretű berendezések esetében számos különböző konstrukciójú keverővel találkozhatunk. Ipari méretekben általában axiális irányú spirál keverőkkel vagy csiga keverőkkel dolgoznak. A tartály jellegű reaktorok keverése általában folyamatos.

## 4. A horizontális, keveréssel ellátott bioreaktor tervezése

Az irodalomkutatás és a labor igények alapján rögzített testű belső keverésű reaktor tervezése volt a cél. Kialakításkor felhasználtuk a Fermac 320 több paraméterét és elemét is, ezzel kompatibilissé téve az új rendszert a forgalomban kapható egységgel. Nem csak a belső térfogat, de a fizikai méretek is, mint külső-, belső átmérő és magasság (a fekvő esetében hossz) is meg-

egyeznek. A reaktor legfontosabb alkotó eleme maga a test. A gyári egységek temperált üvegből készülnek. A szerves anyagok fermentálásánál ez nem ideális, mert az optimális biogáz képződés egyik alapfeltétele a baktériumok fénytől történő elzárása.

A tervezett reaktor minden eleme korrózióálló acélból készült. Az 5 literes működő térfogatú reaktortest három részből áll. A központi elem egy 3.5 mm falvastagságú korrózióálló acél cső. Ennek mind a két oldalára furatokkal ellátott peremek lettek hegesztve. A henger alakú reaktortest elfordulását a talp gátolja meg. Ez egy gumis belső felületű csőbilincs, melyre M8-as toldó anyákat hegesztettünk. A megfelelő hosszúságú csavarokkal állítható a reaktor dőlésszöge a vízszinteshez képest. A kísérletnél a reaktor vízszintes helyzetben volt.

A fermentációs egység másik oldalát egy plexi lappal fedtük le. A plexi lap polisziloxán alapú tömítő anyaggal ragasztott a peremhez, majd csavarokkal rögzített a végleges pozíciójában. A plexi lap segítségével betekintést nyerhetünk működés közben a reaktorba.

A reaktor másik fő eleme a keverő. Ennek az egységnek a feladata az iszaplerakódás, leülepedés, valamint a rendszerbe adagolt szárazanyag felúszásának megakadályozása. Egy malomkerék szerű kialakítást választottunk, ami a reaktor majdnem teljes hosszában képes keverni a belsejében lévő folyadékot. A keverőt hat lapáttal terveztük 60°-ban egymástól elhelyezve. A keverő 1 mm vastagságú korrózióálló acélból készült. A lapátokat négy gyűrű és egy véglap tárcsa tartja pozícióban. A keverő külső átmérője csupán 5 mm-el kisebb, mint a reaktor belső átmérője, annak érdekében, hogy a lehető legtöbb, a reaktor fenekére leülepedett szárazanyagot legyen képes megmozgatni. A rögzítési pontot a hőmérséklet szondához a lehető legközelebb helyeztük el, ezzel is csökkentve a tengely kihajlását. A keverőlapát modellje **2.a.**, a fedéllel összeállított és szondákkal feltüntette

tett elrendezés a **2.b.**, míg az összeszerelt egység modelljét a **2.c. ábra** szemlélteti.



**2. ábra.** A keverő modellje és az elkészült egység

A Fermac több elemét is felhasználtuk az elkészült reaktorhoz. A legfontosabb ilyen egység a fedél. Ebben beépítve található a reaktor főtengelye, ami csapágyazva és szigetelve van, így nem történik folyadék vagy gázszivárgás keverés közben. Ezen elem tartalmazza a pH szonda befogási helyét, valamint a hőmérsékletmérő is itt került elhelyezésre. A keverő állandó fordulatszámáról a főtengely végén rögzített elektromotor gondoskodik, aminek beállítása a vezérlő egységen keresztül történik.

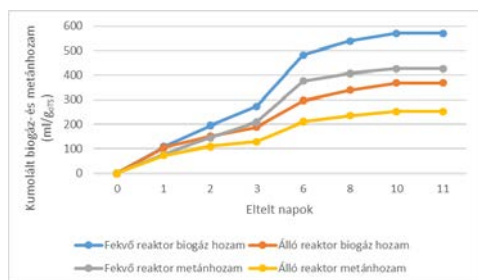
A fűtés a reaktortestre erősített elektromos ellenállásos fűtőköppennyel biztosított. A reaktor folyamatos naplózás mellett üzemelt. Minden kísérlet során a tervezett és a gyárilag kialakított reaktorban egyszerre indítottunk párhuzamos összehasonlító vizsgálatot.

## 5. A kontroll kísérletek eredménye

A kísérletekben oltóiszapként Dél-pesti szennyvíztisztító telepről származó fermentlevet használtuk. A kísérleti alapanyag pedig 2 mm alatti búzaszalma frakció volt. A fermentáció a VDI 6430 Szerves anyagok fermentálása irányelv [4] alapján zajlott. A naplózott értékeket a kísérlet

teljes ideje alatt figyelemmel kísértük. A keverés beállított értéke a tervezett és a gyári reaktor esetében is 10 fordulat/perc volt. [5]

A kísérlet alatt nagy különbséget figyelhattünk meg a hőmérséklet alakulásakor a két reaktor között. Az üveg gyorsabban melegszik át és közli a hőt a folyadékkal, de sajnos az előre beállított értékhez képest túlfűti a rendszert. Megközelítőleg 42-44 °C-ra melegíti a folyadékot, ami már nem a mezofil tartomány részét képezi. Ezt követően egy lehűlési szakasz látható, ami jó közelítéssel 37°C-on stabilizálódik. A 37°C-os hőmérséklet eléréséhez közel 5 órára volt szükség. További állandó ingadozás tapasztalható a gyári reaktor hőmérséklet diagramján, hiszen az üveg gyorsan veszít a felvett hőből. Ezért a fűtőköpeny óránként 2-3-szor kapcsol ki-be. Minden bekapcsoláskor 1-2°C-al túlfűti a rendszert mielőtt kikapcsol, és csak akkor kapcsol be ismét, ha a folyadék már 35-36°C-osra hűlt. A fémtestű reaktor esetében nincs túlfűtési szakasz. Az itt megfigyelhető hőingadozás óránként csupán 0.3 °C pozitív és negatív irányban a beállított értékhez képest.



**3. ábra.** Kumulált biogáz- és metánhozamok felfutási görbéi

A tervezett fermentációs egység keverője a feladatot tökéletesen ellátta. A horizontális reaktor kumulált gázhozama 54%-al, a kumulált metánhozama pedig 64%-al ma-

gasabb lett, mint a vertikális egységé. (3. ábra)

## 6. Összegzés

A kísérlet során bebizonyosodott, hogy az általunk tervezett reaktor megfelelően üzemel nagyobb szemcseméretű, növényi alapanyag betáplálásakor. A hőmérséklet tartása, az alapanyag sikeres homogenizációja, mind meghozta a várt eredményt, a stabil és magas gázhozamot. Elmondható, hogy a tervezett horizontális elrendezésű laboratóriumi bioreaktor, megfelelően alkalmazható laboratóriumi körülmények közt történő anaerob rothasztási kísérletekhez.

## 7. Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Dr. Czupy Imre, Vágvölgyi Andrea- Mezőgazdasági (növénytermesztés, állattartás, erdészeti) hulladékok kezelése és hasznosítása [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Mezogazdasag\\_hulladekai/ch04s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Mezogazdasag_hulladekai/ch04s05.html)
- [2] Prasad Kaparaju, Inmaculada Buendia, Lars Ellegaard, Irini Angelidakia - Effects of mixing on methane production during thermophilic anaerobic digestion of manure: Lab-scale and pilot-scale studies
- [3] <http://www.biologydiscussion.com/bioreactors/bioreactors-types-top-3-types-of-bioreactors/12213>
- [4] VDI 4630 – Szerves anyagok fermentálása - A szubsztrátum jellemzése, mintavételezés, lényeges adatok gyűjtése, fermentációs tesztek, Verein Deutcher Ingenieure, Düsseldorf, 2006
- [5] [https://www.electrolabtech.co.uk/Bioreactor\\_Fermenters/Fermac\\_320.aspx](https://www.electrolabtech.co.uk/Bioreactor_Fermenters/Fermac_320.aspx)

## Acknowledgement

A közleményben ismertetett kísérletek és fejlesztés Misi Ádám közreműködésével és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával” készült.