



**MEMBRÁN-**

---

---

**TECHNIKA**



**IPARI**

**BIOTECHNOLÓGIA**



**VII. évfolyam 1. szám**

**2016. február**



## TARTALOM

oldal

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tóth G., Nemestóthy N., Bélafiné Bakó K.: A kén-hidrogén<br>eltávolítása folyamatos reaktorban rögzített <i>Thiobacillus</i><br><i>thioparus</i> és <i>Thiomonas intermedia</i> felhasználásával..... | 2  |
| Tudományos konferencia Nagykanizsán.....                                                                                                                                                              | 20 |
| Az Ereky Károly díj nyertesei.....                                                                                                                                                                    | 23 |
| A PERMEA pályázat nyertesei .....                                                                                                                                                                     | 25 |
| Műszaki Kémiai Napok – felhívás .....                                                                                                                                                                 | 26 |
| Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....                                                                                                                                                         | 27 |

## A kén-hidrogén eltávolítása folyamatos reaktorban rögzített *Thiobacillus thioeparus* és *Thiomonas intermedia* felhasználásával

Tóth G., Nemestóthy N., Bélafiné Bakó K.

Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet,  
Veszprém, Egyetem u. 10.

### 1. BEVEZETÉS

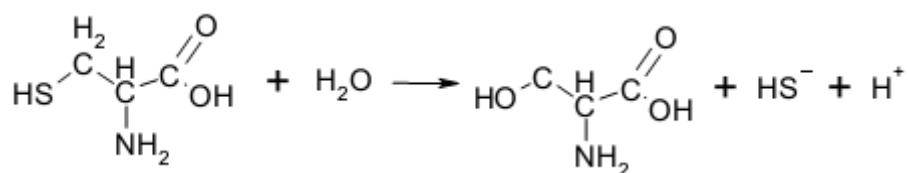
Az anaerob fermentáció során keletkezett biogáz összetétele különböző mértékben, elsősorban az alapanyag, az alkalmazott technológia és a környezeti paraméterek függvényében változik. Az 1. táblázat három különböző alapanyag feldolgozásából származó biogáz összetételét mutatja [Rasi, S. E., 2009; Ryckebosch, E., 2011; Deublein, D., 2008].

**1. táblázat: Különböző forrásból származó biogáz összetétele [Rasi, S. E., 2009; Ryckebosch, E., 2011; Deublein, D., 2008]**

|                                          | Hulladéklerakó | Szennyvíziszap<br>rothasztó | Farm méretű<br>rothasztó |
|------------------------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|
| CH <sub>4</sub> (%) vol                  | 47-67,9        | 57,8-65                     | 55-70                    |
| CO <sub>2</sub> (%) vol                  | 37-41          | 33-39                       | 37-38                    |
| O <sub>2</sub> (%) vol                   | <1             | <1                          | <1                       |
| N <sub>2</sub> (%) vol                   | <17            | <3,7                        | <1-2                     |
| H <sub>2</sub> S ppmv                    | <8000          | <8000                       | 10-20000                 |
| NH <sub>3</sub> (mg (Nm <sup>-3</sup> )) | nyom           | nyom                        | <2000                    |
| Sziloxán (mg (Nm <sup>-3</sup> ))        | 1-400          | -                           | -                        |
| Relatív páratartalom (%)                 | 100            | 100                         | 100                      |

A főkomponensek mellett nyomokban, olyan összetevők is jelen vannak a biogázban, mint pl. a kéntartalmú komponensek, sziloxánok, ammónia, víz, stb.. Annak ellenére, hogy mennyiségük a metánéhoz viszonyítva elenyésző, az immissziós levegőparaméter értékeket nagymértékben képesek negatív irányba befolyásolni [Rasi, S. E., 2009].

A kén-hidrogén elsősorban a kéntartalmú szerves anyagok (fehérjék) mineralizációja során keletkezik. Például a kéntartalmú cisztein anaerob bomlása során első lépcsőben szerinné és kén-hidrogénné hidrolizál egy deszulfhidráz típusú enzim segítségével (1. ábra) [Peu, P., 2011].

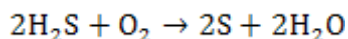


1. ábra: A cisztein anaerob bomlása [Peu, P., 2011]

Az aminosavak fermentációja során első lépésben metil-merkaptán intermedier keletkezik, ami vagy gáz alakjában távozik a folyadék fázisból vagy a metanogén archeák kén-hidrogénre és metánra bontanak tovább [Landaud, S., 2008]. Ebből kifolyólag megállapítható hogy a nagy fehérje tartalmú alapanyagok anaerob fermentációja során keletkezik nagyobb kén-hidrogén tartalmú biogáz [Huai, L., 2009; Peu, P., 2011].

A tisztítatlan gázelegy számos komponense okozhat meghibásodást egy esetleges energetikai célú hasznosítás során, ezért a tisztítás mindenképpen szükséges, aminek mértékét a gázt felhasználó berendezés üzemeltetési követelményei írják elő [Ryckebosch, E., 2011].

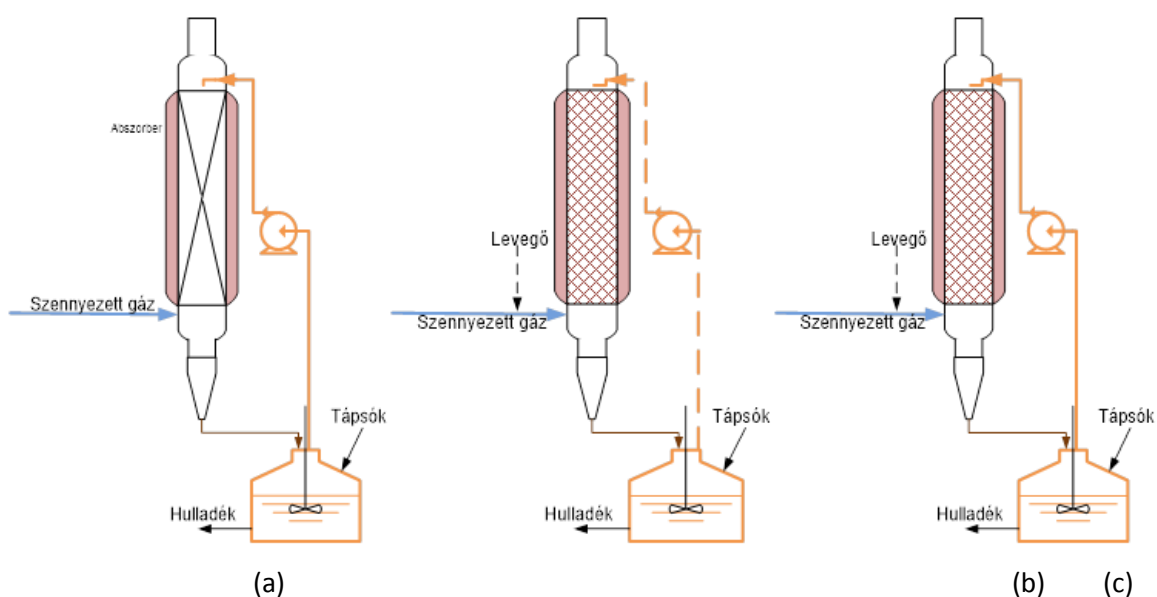
A kén-hidrogént parciálisan el lehet távolítani a rendszerből a levegőnek közvetlenül a rothasztó gázterébe történő bejuttatásával (*in situ* megoldás). Ebben az esetben 2-6% (v/v) oxigén szükséges a kén-hidrogén oxidálásához az alábbi egyenlet szerint [Ryckebosch, E., 2011].



80-99% kén-hidrogén eltávolítási hatásfok figyelhető meg a 20-100 ppm kiindulási tartományban [Wellinger, A., 2005]. Ez a megoldás a kisebb, úgynevezett „farm” méretű rothasztók esetében működik megfelelően, azonban hátránya, hogy túl nagy oxigén koncentráció esetén (6-12%) robbanó elegy alakulhat ki. Továbbá a túlzott levegőbevitel (oxigén) toxikus hatással van az anaerob mikroorganizmusokra, s ezzel csökkenti a rothasztás hatásfokát, ami elsősorban a biogáz szén-dioxid tatalmának növekedésében nyilvánul meg

Az *in situ* megoldásokkal szemben a biogáz kén-hidrogénmentesítésére számos, elsősorban „end of pipe” technológiát dolgoztak ki, ami során a többi szennyezőanyagot együttesen távolítják el (*ex situ*). A külső tisztítási eljárások közé tartozik pl. abszorpció (fizikai és kémiai), adszorpció, biológiai eljárások. Ezek közül a biológiai tisztítás, elsősorban hatékonyságának, valamint alacsony üzemeltetési és karbantartási költségének köszönhetően intenzíven vizsgált, kutatott területté vált [Tchobanoglous, G., 2003; Szentgyörgyi, E., 2010]. Az eljárás hasonlít az *in situ* eljáráshoz, viszont ebben az esetben egy különálló műtárgy, bioreaktor szolgál a kén-hidrogén ártalmatlanítására, valamint a specifikus

mikroorganizmusok tárolására/rögzítésére. A kén-hidrogén eltávolító eljárások során a kezdeti szabadsejtes kialakításokat, a nagyobb hatékonyság elérése érdekében a rögzített megoldások váltották fel. Az ezekben alkalmazott baktériumoknak számos kritériumnak kell megfelelnie, mint pl. megbízható szulfidoxidáló képesség, minimális tápanyagszükséglet és a keletkezett oxidált vegyületek egyszerű elválasztási lehetősége. E paraméterek megfelelő optimalizálását számos szerző, különböző kialakítású reaktorokban próbálta meg biztosítani (biológiai gázmosó (bioscrubber), biológiai szűrő (biofilter), csepegtetőtestes szűrő (biotrickling filter) stb.) (2. ábra).

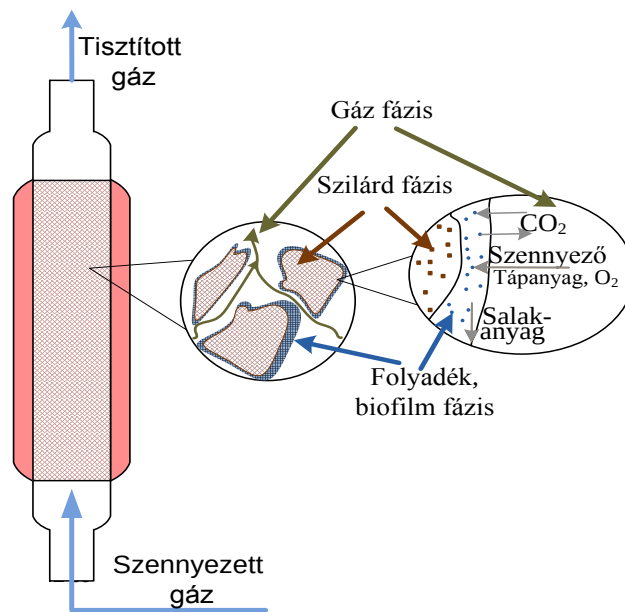


**2. ábra: Különböző bioreaktor típusok (a): biológiai gázmosó, (b) biofilter, (c) csepegtetőtestes szűrő [Deviny, J. S., 1999]**

Az immobilizált mikroorganizmussal végzett rendszerekben a betáplált biogázból a kén-hidrogén a reaktorban a gázfázisból a folyadék fázisba lép. Ezt szemlélteti a 3. ábra.

A hordozó anyag felületén létrejött vékony folyadékréteg szolgál a biofilm kialakulására is, ahol a kén-hidrogént elimináló mikrobák élettere található.

Ezek a baktériumok a szakirodalom szerint megkülönböztethetők fototróf (fény és szén-dioxid jelenlétében oxidálják a kén-hidrogént) és kemoautotróf mikroorganizmusokra. Mivel a fototrófok teljesítménye a fellelhető adatok alapján gyengébb, mint a kemoautotrófoké, továbbá a fotobioreaktor bonyolult kialakítása és az optimális intenzitású fényenergia nehézkes biztosítása [Syed, M., 2006] miatt, a kemoautotróf mikroorganizmusok alkalmazása előnyösebbnek tűnik.



3. ábra: Anyagtranszport a gázfázis felől a biofilm felé [Deviny, J. S., 1999]

Az angol nyelvű szakirodalom a kemolitotróf fogalomra a következő, általánosan használt szinonimákat alkalmazza: autotróf, kemoautotróf és litotróf [Muyzer, G., 2006]. A kemoautotróf mikroorganizmusok különböző fiziológiai, morfológiai és ökológiai tulajdonságokkal rendelkeznek, és egy részük képes a redukált állapotú, szervetlen kén komponenseket (kén-hidrogén) oxigén jelenlétében energetikailag hasznosítani. Jelentős részük a színtelen kén baktériumok (*Colorless sulfur bacteria*) [Winogradsky, S., 1888] csoportjába tartozik, ami számos nemzetséget ölel fel, mint pl. *Thiobacillus*, *Acidithiobacillus*, *Achromatium*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, stb. A szulfid oxidálása során szulfit vagy szulfát keletkezik, ami a közeg pH-ját bizonyos esetekben erőteljesen lesavanyíthatja, ezért közülük számos baktérium savtűrő illetve savkedvelő. A színtelen kén baktériumok jellemzően aerob mikroorganizmusok, de egyesek, mint pl. a *Thiobacillus thioparus* és a *Thiobacillus denitrificans* anoxikus körülmények között is életképesek. Az előbbi képes a nitrátot nitritté, míg az utóbbi a nitrátot egészen elemi nitrogénné redukálni

A színtelen kén baktériumokat az energia és szénforrás szempontjából négy csoportba lehet osztani. Megkülönböztethetünk obligát kemoautotrófokat, fakultatív kemoautotrófokat (mixotróf), kemoheterotrófokat, kemoorganoheterotrófokat (heterotróf) (2. táblázat).

**2. táblázat: A színtelen kén baktérium különböző fiziológiai tulajdonságainak osztályozása [Muyzer, G., 2006]**

|                                    | Szénforrás |         | Energiaforrás |         |
|------------------------------------|------------|---------|---------------|---------|
|                                    | Szervetlen | Szerves | Szervetlen    | Szerves |
| Obligát kemoautotróf               | +          | -       | +             | -       |
| Fakultatív kemoautotróf (mixotróf) | +          | +       | +             | +       |
| Kemoheterotróf                     | -          | +       | +             | +       |
| Kemoorganoheterotróf (heterotróf)  | -          | +       | -             | +       |

A biomérnöki, ipari, műszaki célokhoz elérhető mikrobák közül jelenleg kizárólag az aerob, kemoautotróf, színtelen kén-oxidáló baktériumokat alkalmazzák a kén-hidrogénmentesítésre. A kemoautotróf baktériumok elsősorban viszonylag gyors fejlődésüknek, egyszerű létfenntartási körülményeik biztosításának, alacsony tápanyagigényüknek köszönhetik, hogy számos reaktor konstrukcióban és technológiában vizsgálták őket (biológiai szűrő, biológiai mosó, csepegtetőtestes reaktor, stb.).

Az aerob, kemoautotróf, színtelen kén-oxidáló baktériumok közül a *Thiobacillus* nemzetséghez tartozó fajok képesek különböző környezeti stressz feltételek mellett is jól szaporodni (lesavanyodás), ezért potenciálisan jól alkalmazhatók olyan esetekben is, amikor alacsony pH-értéken kell az ártalmatlanítást elvégezni.

A kísérletek célja az volt, hogy megvizsgáljuk egy, a biológiai kén-hidrogén eltávolításában gyakran alkalmazott (viszonylag nagy eltávolítási kapacitással rendelkező) mikroorganizmus (*Thiobacillus thioparus*) és egy, a szakirodalomban ritkán vizsgált, de ígéretesnek tűnő baktérium (*Thiomonas intermedia*) kén-hidrogén eltávolítási potenciálját. A két baktérium kiválasztásánál fontos szerepet játszottak előnyös tulajdonságaik (kis tápanyagszükséglet, stressztűrés stb.), valamint könnyebb hozzáférhetőségük.

A kísérleteket több lépcsőben, különböző kialakítású reaktorok és hordozók felhasználásával kívántuk végrehajtani.

## 2. FELHASZNÁLT ANYAGOK, MÓDSZEREK

### 2.1. Mikroorganizmusok

A kísérletek során alkalmazott egyik kemoautotróf baktérium a *Thiomonas intermedia* a másik a *Thiobacillus thioparus*. Felnövesztési paramétereiket a DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH) német törzsgyűjtemény által kidolgozott *Thiomonas intermedia* tápközegen növesztettem fel [dsmz.de]. A vizsgált mikroorganizmusok trofitását és denitrifikálásra való képességüket a 3. táblázat, valamint jellemző paramétereit az



4. táblázat foglalja össze. A felnövesztés során a pH-t minden esetben 5,5-6,0-ra állítottuk be, majd 33 °C és 120 rpm fordulatszámon inkubáltam.

3. táblázat: Néhány példa a redukált kén oxidálására képes mikroorganizmusra [Muyzer, G., 2006]

|                               | Trofitás |            | Denitrifikálás |            |
|-------------------------------|----------|------------|----------------|------------|
|                               | Obligát  | Fakultatív | Nitritig       | Nitrogénig |
| <i>Thiobacillus thioparus</i> | +        | -          | +              | -          |
| <i>Thiomonas intermedia</i>   | -        | +          | -              | -          |

4. táblázat A *Thiomonas intermedia* és a *Thiobacillus thioparus* jellemző tulajdonságai

|                            | <i>Thiobacillus thioparus</i> | <i>Thiomonas intermedia</i>       |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Optimális pH               | 5-9                           | 5-7,5                             |
| Optimális hőmérséklet [°C] | 33-35                         | 30-35                             |
| Sejt típus                 | Gram negatív                  | Gram negatív                      |
| Alak, méret                | pálca, 0,9-1,8 µm             | ovális (rúd), 0,5-1 µm            |
| Energiaforrás              | Tioszulfát, szulfid           | szulfid, tioszulfát, tetrationsát |
| Oxigén szükséglet          | aerob                         | aerob                             |
| Forrás                     | [Vlasceanu, L., 1997]         | [Panda, S. K., 2009 ]             |

## 2.2. Felhasznált hordozók

### Mavicell-B

A MAVICELL-B (4. ábra) egy cellulózgyöngy, amely nagy adszorpciós felülettel bír, s így kiválóan alkalmas mikroorganizmusok hordozó anyagaként (5. táblázat). Az immobilizálás gyakorlatilag a mikroorganizmusok felülethez történő kötődési affinitásán múlik (anyagminőség, porozitás, érdesség stb.), s ebben az esetben a rögzítés ránövesztést jelent, és ezalatt semmilyen fizikai-kémiai rögzítés nem történt.



4. ábra: A Mavicell-B

5. táblázat: A MAVICELL-B minőségi jellemzői  
[Magyar Viscosagyár, Nyergesújfalu, Hu]

| Minőségi jellemzők          | Érték                      | Minőségi jellemzők             | Érték                                 |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Regenerált cellulóztartalom | 45-55%                     | Vízgőzfelvétel 25 °C-on        | 80-100%                               |
| Nedvességtartalom           | 10-15%                     | Fajlagos pórustérfogat         | 1,5-2 cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> |
| Hamutartalom                | 35-40%                     | Fajlagos pórusfelület          | 8-10 m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>   |
| Szemcseméret                | 2-3,5 mm                   | Duzzadás okozta méretnövekedés | 1,5-szörös                            |
| Halmazsűrűség               | 250-300 g dm <sup>-3</sup> | átmérő-növekedés               | 3-szoros                              |
| Vízfelvétel 25 °C-on        | 150-200%                   | térfogat-növekedés             |                                       |

### Aktív szén

Mivel az aktív szén nagy adszorpciós képességgel rendelkezik, ezért először egy telítési folyamatnak kellett alávetni, kiküszöbölve ezzel annak adszorbeáló hatását. A használt aktív szén (5. ábra) jellemzőit a 6. táblázat tartalmazza.



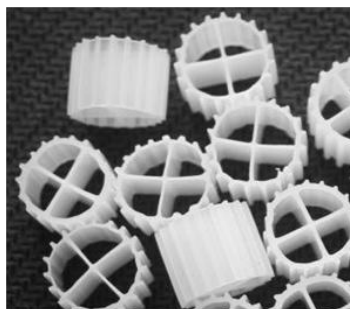
5. ábra: A felhasznált aktív szén

6. táblázat: Az aktív szén jellemző paraméterei [Airwatec SA]

| Paraméter                                              | Érték |
|--------------------------------------------------------|-------|
| Teljes felület (BET) (m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> ) | 1080  |
| pH                                                     | 7     |
| Víztartalom (%)                                        | 1,1   |
| Hamu tartalom (%)                                      | 8,6   |
| Szemcsék átmérője (mm)                                 | 1     |

### Kaldnes K1

A harmadik hordozó egy Kaldnes K1 [Evolution Aqua Lancashire, UK] típusú polietilén gyűrű, mely igen kedvelt a rögzített filmes szennyvíztisztítási technológiák között (6. ábra). Hossza 7 mm, átmérője 10 mm. Mivel a hordozó átmérője és a bioreaktor oszlop átmérője hasonló nagyságrendű, tehát a mikroorganizmusok megkötődésére alkalmas hasznos felület nem elég nagy, ezért a felület megnövelése érdekében a gyűrűket félbevágtuk (az átmérő mentén).



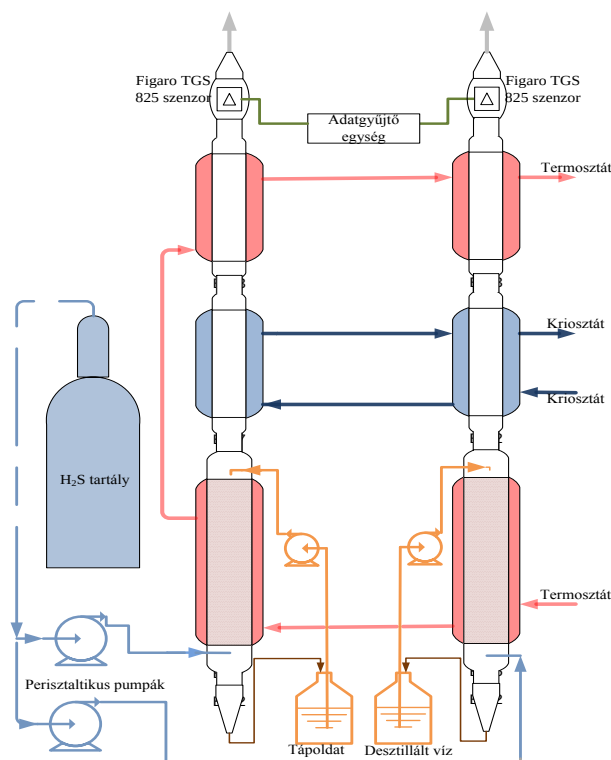
6. ábra: Kaldnes K1 hordozó

### **2.3. Mikroorganizmusok rögzítése**

200 cm<sup>3</sup> felnövesztett, majd centrifuga segítségével (5000 rpm), 50 cm<sup>3</sup>-re betöményített (0,35 g<sub>szárazanyag</sub>L<sup>-1</sup>) tenyészethez, 60 cm<sup>3</sup> sterilizett hordozót és 140 cm<sup>3</sup> steril tápoldatot adtam ( $\Sigma=250$  cm<sup>3</sup>). A lombikokat ezután 2-3 napig, 33 °C-on inkubáltuk, hogy a megfelelő biofilm réteg kialakulhasson a hordozó felületén. A mikroorganizmusok felnövesztése és immobilizálása steril körülmények között történt, majd az oszlopba töltés után a kísérletek nem steril körülmények között zajlottak.

### **2.4. Folyamatos rendszer tápanyag csepegtetéssel**

Két párhuzamos oszlopreaktor szolgált a kísérletek elvégzésére, (7. ábra) az egyik valamelyik hordozó számára, felületén az immobilizált biofilmmel, míg a másik oszlop minden esetben a vakot tartalmazta. A tápanyag betáplálása folyamatosan, csepegtetéssel történt az oszlop tetejére, 0,7 cm<sup>3</sup>min<sup>-1</sup> sebességgel, ami az oszlop alján történő elvétel után visszavezetésre került a törzsoldatba. A vak oszlop fertőződését egy 1,5-2 %-os nátrium-benzoát oldat akadályozta meg.



7. ábra: Folyamatos rendszer tápanyag csepegtetéssel

Mindkét oszlopra azonos térfogatáramú és azonos kén-hidrogén koncentrációjú modellgáz került bevezetésre gázpalackból, aminek konstans térfogatáramát perisztaltikus pumpák és Tygon® típusú csövek biztosították. A reakcióidő 200-220 óra volt. A biológiai oszlop jellemző értékeit az 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A tápanyag csepegtetési bioreaktor jellemző paraméterei

| Jellemző tulajdonság                                                | Érték |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| Az oszlopok magassága (mm)                                          | 250   |
| Az oszlopok átmérője (mm)                                           | 20    |
| A töltetek térfogata (cm <sup>3</sup> )                             | 70    |
| Mavicell-B pórustérfogata (ml)                                      | 25    |
| Gáz tartózkodási idő Mavicell-B esetében (s)                        | 4,1   |
| Az aktív szén pórustérfogata (cm <sup>3</sup> )                     | 15    |
| Gáz tartózkodási idő aktív szén esetében (s)                        | 2,45  |
| Pórustérfogat Kaldnes K1 esetében (cm <sup>3</sup> )                | 36    |
| Gáz tartózkodási idő Kaldnes K1 esetében (s)                        | 5,9   |
| Gáz térfogatáram (cm <sup>3</sup> min <sup>-1</sup> )               | 366   |
| Táplódat sebesség (cm <sup>3</sup> min <sup>-1</sup> )              | 0,7   |
| Felületi terhelés (m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) | 70    |

## **2.5. Alkalmazott analitika**

A gázfázis összetételét ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ) egy félvezető elven működő, mobil kén-hidrogén detektáló műszer (Dräger X-am 7000) követte nyomon. Ez a mérés technikai megoldás elsősorban  $2 \text{ L h}^{-1}$ -nél nagyobb térfogatáram tartományban üzemelt. Az ennél alacsonyabb gázáramoknál FIGARO TGS825 típusú, szintén félvezető elven működő, szenzor követte nyomon a kén-hidrogén koncentrációt.

A TGS (Taguchi Gas Sensor) típusú érzékelők fém-oxid bázisúak, amik valamilyen nemesfémrel szennyezettek. Ezek a nemesfémek melegítés hatására reagálnak a jelenlévő redukáló gázokkal (pl.:  $\text{H}_2\text{S}$ ), ami értékelhető jelet ad a cella ellenállásában. Minél nagyobb a gázkoncentráció, annál kisebb az ellenállás [figarosensor]. A szenzor méréshatára 0-100 ppm, és a Dräger X-am 7000 típusú hordozható gáz analizátorral lett kalibrálva.

## **2.6. Optikai sűrűség mérés**

Célja a folyadék fázisban lévő mikroorganizmusok koncentrációjának nyomon követése, ami egy kalibrációs egyenes segítségével gszárazanyagL-1 sejt koncentrációra konvertálható. A kísérletek során elvégzett optikai sűrűség mérések minden esetben 620 nm-en történtek a HachLange DR 3800 típusú fotométerrel.

## **2.7. Fehérje analízis**

Az előzőleg 2-3 napig szárítószekrényben,  $40^\circ\text{C}$ -on szárított hordozó fehérjetartalmát ún. Folin-módszerrel határoztam meg, 720 nm-en mértük az abszorbanciát. A kalibrációhoz marhaszérum-albumin (BSA) fehérjét használtam.

## **2.8. A mérések reprodukálhatósága**

A kísérleti munka jelentős részében igen hosszú, bizonyos esetekben több hónapos kísérleti idővel kellett dolgozni, így ezen mérések megismétlésére az idő rövidsége miatt nem volt lehetőségünk. Ugyanakkor az analitikánál három párhuzamos mérést végeztem általában. Számos esetben nem is volt szükség a pontos érték meghatározására, ugyanis elegendő volt a változást nyomon követni, pl. a kén-hidrogén (oldott szulfid) koncentrációjának változását, tendenciáját.

## 2.9. Felhasznált gáz

A kísérletek elvégzése során biztonságtechnikai okokból nem biogázt, hanem egy nitrogént, oxigént, szén-dioxidot és kén-hidrogént tartalmazó modell gázelegyet használtam. A szén-dioxid koncentrációja 40-44% (v/v), az oxigéné 1-2 % (v/v), a kén-hidrogéné 80-100 ppm, a nitrogéné 54-58 % (v/v) volt. A felhasznált gázok a Linde Gáz Magyarország Zrt.-től származtak, a gázelegy bekeverése a Pannon Egyetemen, a Vegyipari Műveleti Intézeti Tanszék laboratóriumában történt.

## 3. EREDMÉNYEK

### 3.1. A két baktérium összehasonlítása

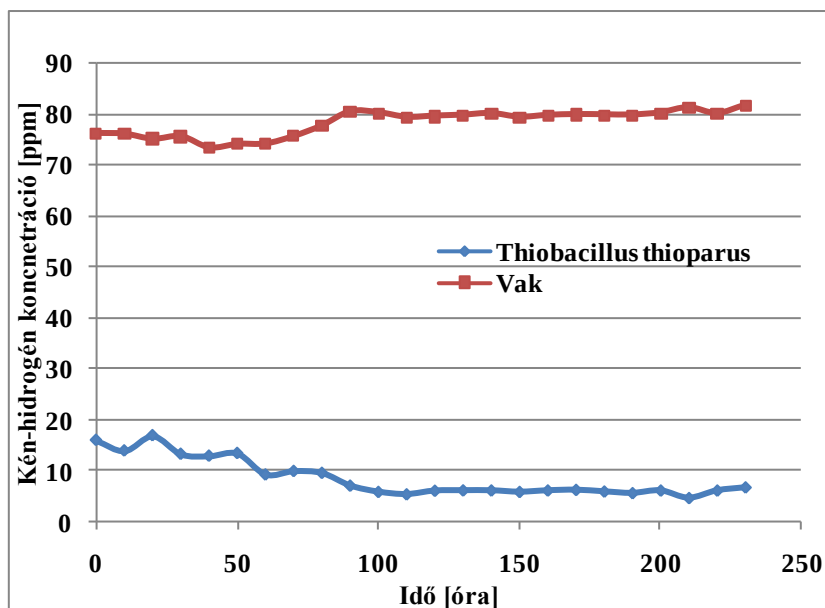
A nagyszámú és hosszúidejű kísérletek elkerülése érdekében, összehasonlító előkísérleteket végeztem a két baktérium teljesítményét illetően, Mavicell-B-re rögzített mikroorganizmusokkal (*Thiobacillus thioparus* és *Thiomonas intermedia*).

Az így kialakított rendszernek köszönhetően nyomon követhetővé vált a fentről lefelé csepegő táptalajjal esetlegesen távozó kén-hidrogén, illetve a felületen lejátszódó termodinamikai jelenségek kizárása.

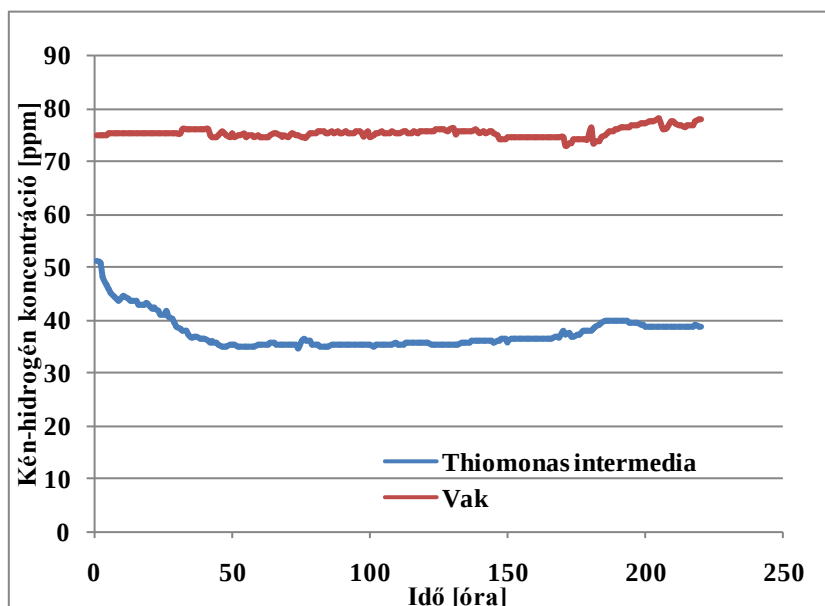
A *Thiomonas intermedia* és a *Thiobacillus thioparus* hatékonyságának összehasonlítása során (8. ábra) igen jelentős eltérést tapasztaltunk. A *Thiobacillus thioparus* kén-hidrogén eltávolítási hatásfoka már a kiinduláskor észrevehetően jobb volt, mintegy 35 ppm-nyi volt a koncentráció különbség.

Meghatároztuk mindkét baktérium  $\text{H}_2\text{S}$  eltávolítási kapacitását, amelyet egységnyi idő alatt, a reaktor egységnyi térfogata által eltávolított kén-hidrogén mennyiségeként definiáltuk. Ezek alapján ez az érték a *Thiomonas intermedia* esetében  $10\text{-}15 \text{ g H}_2\text{Sm}^{-3}\text{h}^{-1}$ , míg a *Thiobacillus thioparus* esetében  $25\text{-}30 \text{ g H}_2\text{Sm}^{-3}\text{h}^{-1}$  között változott.

Megállapítható, hogy az alkalmazott kísérleti körülmények között a *Thiobacillus thioparus* jobban fejlődik, életképesebb (8. táblázat) és a kiindulási kén-hidrogén koncentráció 93 %-át távolította el a 220 órás kísérlet végére.



(a)



(b)

8. ábra: A Mavicell-B-n rögzített *Thiobacillus thioparus* (a) és a *Thiomonas intermedia* (b) kén-hidrogén bontása, az idő függvényében

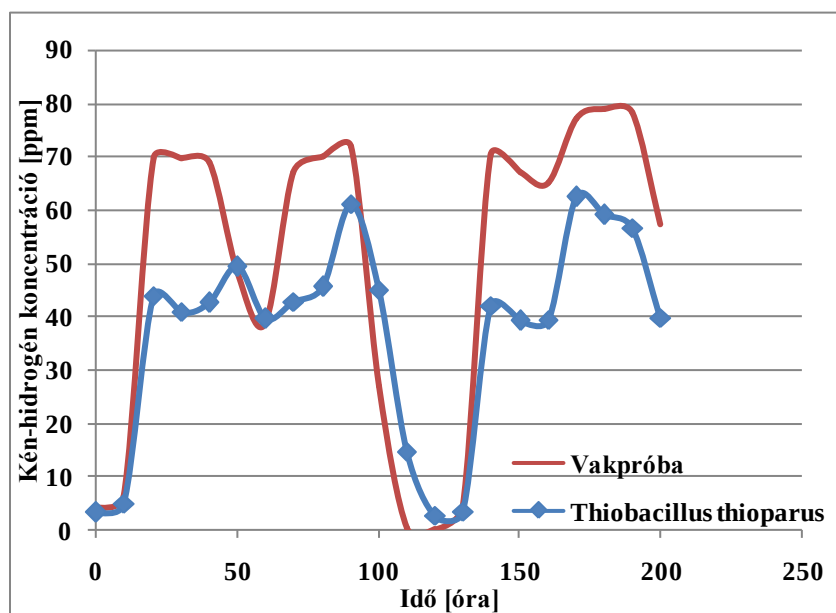
8. táblázat: A hordozón (Mavicell-B) mért fehérje

| Eltelt idő<br>(óra) | Fehérjetartalom <i>Thiomonas intermedia</i> ( $\text{mgg}^{-1}$ hordozó) | Fehérjetartalom <i>Thiobacillus thioparus</i> ( $\text{mgg}^{-1}$ hordozó) |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 0                   | 6,07                                                                     | 7,31                                                                       |
| 72                  | 5,71                                                                     | 8,07                                                                       |
| 120                 | 6,60                                                                     | 8,10                                                                       |
| 216                 | 5,67                                                                     | 7,61                                                                       |

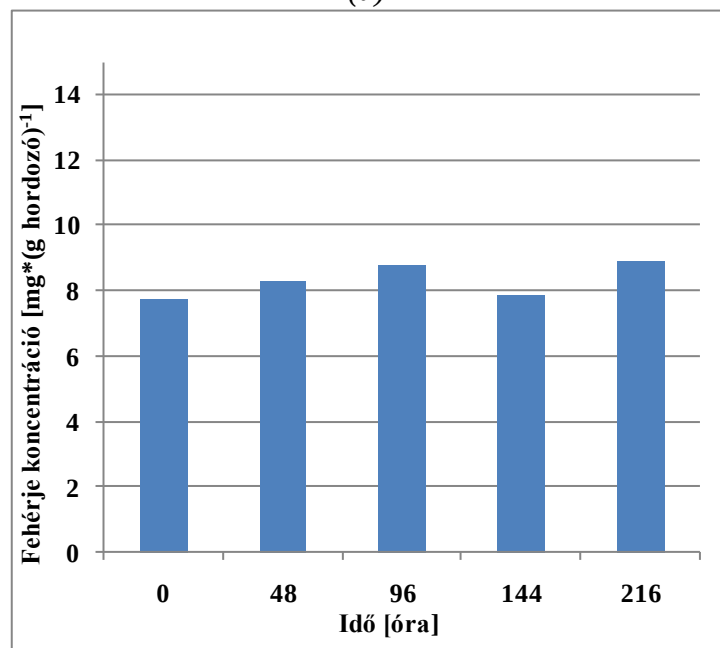
A *Thiobacillus thioparus* eredményességére való tekintettel a továbbiakban csak ezt a baktériumot alkalmaztuk a folyamatos kísérletek elvégzésére aktív szén, Kaldnes K1 és Mavicell-B esetében.

### 3.2. Aktív szén hordozó

Az aktív szénen elért eredményeket a 9. ábra szemlélteti.



(a)



(b)

9. ábra: Az aktív szénre rögzített *Thiobacillus thioparus* kén-hidrogénelimináló képessége az idő függvényében (a) valamint a hordozó felületén lévő fehérje (b) időbeni változása



A kísérlet során az aktív szén granulátumok összetapadtak, így megakadályozták, hogy a betáplált gáz megfelelően áramolhasson a szemcsék között. A nagyobb gondot az okozta, hogy az összetapadt részek dugót képeztek (10. ábra), melyek a gázzal azonos irányban, lentől felfelé haladva, egészen a szenzorig felemelkedtek.

A hordozó e viselkedése nem tette lehetővé, hogy a mikroorganizmusok teljesítményét mennyiségileg is nyomon lehessen követni. Ugyanakkor a baktériumok jelenlétét a hordozó felületéről mért fehérje analízis egyértelműen igazolta (9. ábra (b)).



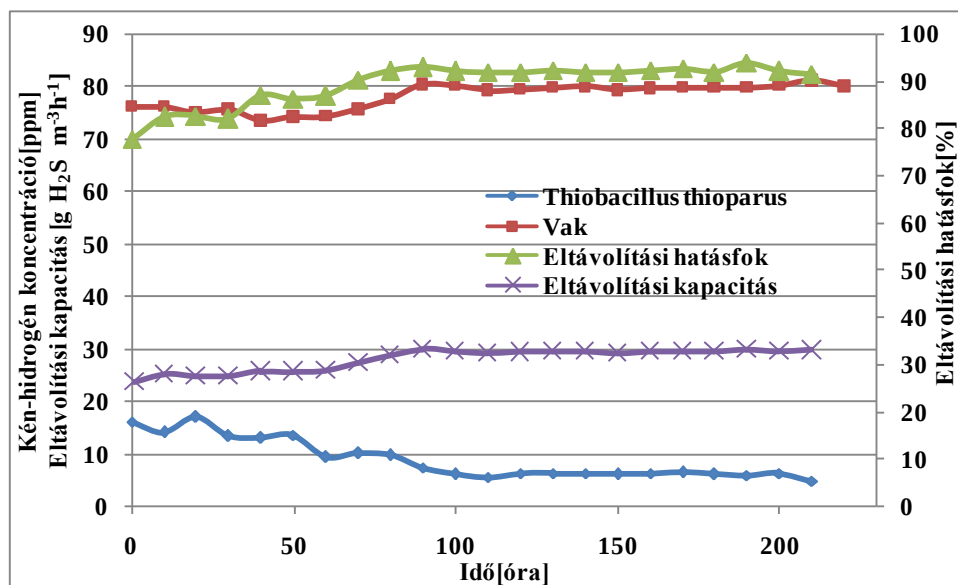
10. ábra: A dugó jelenléte az oszlopban

### 3.3. Mavicell hordozó

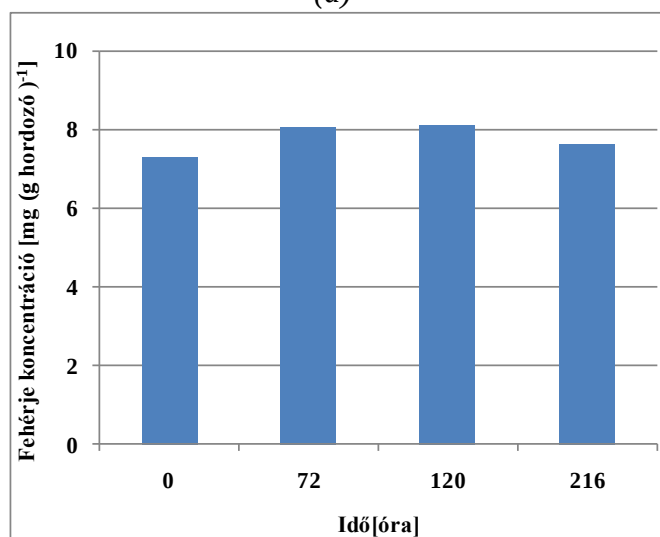
A Mavicell-B-re rögzített *Thiobacillus thioparus* kén-hidrogén elimináló képességét és a hordozó felületén megkötődött fehérje mennyiségét mutatja az idő függvényében a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** 1. ábra.

A betáplálást követően a biológiailag aktív oszlopról távozó kén-hidrogén koncentrációja már a kísérlet indításakor jelentős csökkenést mutatott, ami a következő 100 órában tovább csökkent, végül a fennmaradó 120 órában 5 ppm-re állt be. Az ábra jól szemlélteti, hogy a biológiailag aktív reaktor a betáplált gáz kén-hidrogén koncentrációjának 90-95 %-át eltávolította a gázáramból. A számítások során a „Vak” oszlopon mért mennyiséget vettem a kiindulási koncentrációnak. Az egységnyi reaktor térfogat által, egységnyi idő alatt lebontott kén-hidrogén a kezdeti  $20-25 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$  eltávolítási kapacitásról  $30 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$ -ra emelkedett (14. ábra (a)). Ez valószínűleg a mikroorganizmusok akklimatizálódásának tudható be. Az irodalomban [Oyarzu'n, P., 2003 et al.] tözegen immobilizált *Thiobacillus thioparus*-t vizsgáltak különböző, jellemzően nagy koncentrációknál.  $30 \text{ L h}^{-1}$  térfogatáramú, 355 ppm-es betáplált kén-hidrogén esetében 100% eltávolítási hatásfokot értek el,  $30 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}$

$^3\text{h}^{-1}$  eltávolítási kapacitással. Mások [Ramírez, M., 2009] poliuretán habot használtak fel hordozó anyagként és érték el  $14,9 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$  eltávolítási kapacitást, 99,8% hatásfokkal.



(a)



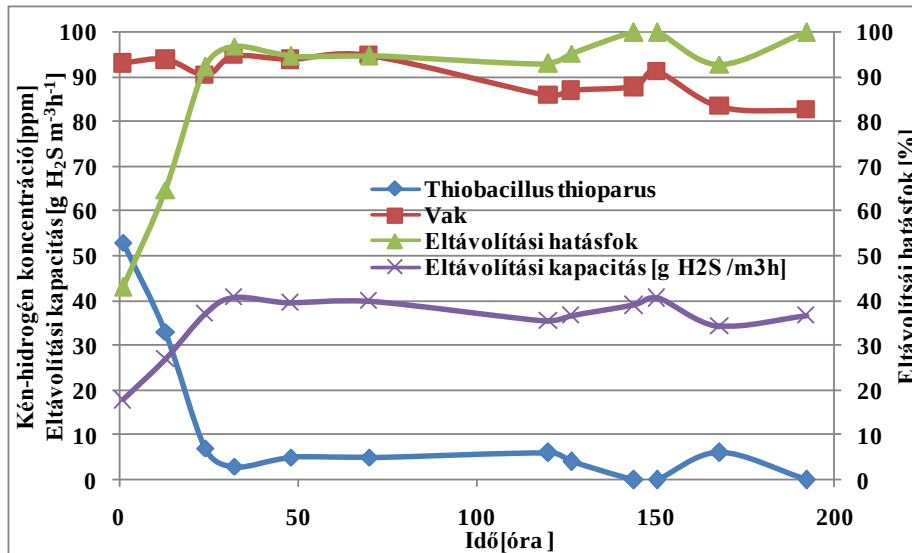
(b)

11. ábra: A Mavicell-B-re rögzített *Thiobacillus thioautotrophicus* kén-hidrogénelimináló képessége (a) és a felületen megkötődött fehérje mennyiségének változása (b) az idő függvényében

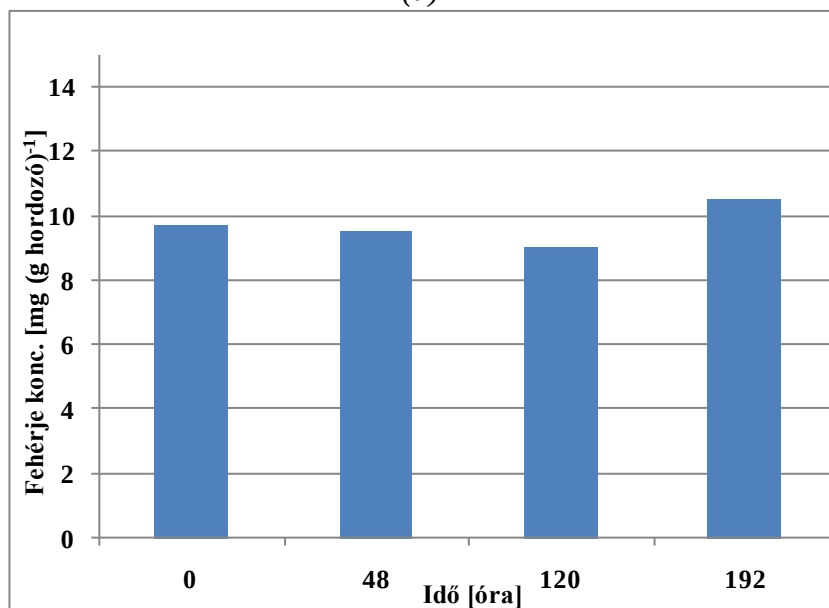
A mikroorganizmusok jelenlétét a fehérje-meghatározás is alátámasztotta. A protein koncentráció minimálisan emelkedett, majd csökkent, de mindvégig  $7\text{--}8 \text{ mg fehérje g}^{-1}$  hordozó szárazanyag között változott (11. ábra(b)). Az egységnyi reaktortérfogatban egységnyi fehérje által lebontott kén-hidrogén mennyisége  $4 \text{ g H}_2\text{S/m}^3\text{g}_{\text{fehérje}}^{-1}$ -nek adódott.

### 3.4. Kaldnes K1 média

A Kaldnes K1 hordozóanyag esetében is igen jó eredményeket értünk el a Mavicell-B-hez hasonlóan (12. ábra). A betáplált kén-hidrogén koncentráció 90 ppm, amit a baktérium 0-5 ppm-re csökkentett az első 25 óra után, amivel 95-100% eltávolítási hatásfokot ért el 35-40 g H<sub>2</sub>S m<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup> kapacitással (12. ábra(a)).



(a)



(b)

12. ábra: A Kaldnes K1 *Thiobacillus thioparus* kén-hidrogénelimináló képessége (a) és a felületen megkötődött fehérje mennyiségének változása (b) az idő függvényében

Eredményeink hasonlóak Elias és munkatársai [Elias, A., 2002] mért eredményeihez, akik sertés trágya és fűrészpor keverékét használták hordozóként, és így 28,5 g H<sub>2</sub>S m<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup>

eltávolítási kapacitást érték el 95 %-os hatásfokkal, valamint  $40,5 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$  kapacitást > 90% hatásfokkal.

A Kaldnes K1 hordozón mért protein mennyisége kb. 20%-kal volt több mint a Mavicell-B cellulózgyöngyön (12. ábra(b)). Az egységnyi reaktortérfogatban, egységnyi fehérje által lebontott kén-hidrogén mennyisége azonban  $3,68 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}\text{hg}_{\text{fehérje}}^{-1}$ -nek adódott, ami 10%-kal kevesebb, mint Mavicell-B esetében.

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett kísérletek bebizonyították, hogy a *Thiobacillus thioparus* a felhasznált hordozókon jól képes rögzülni, ezen belül is legjobban a Mavicell-hez és a Kaldnes K1 médiához.

Mivel ezekkel a hordozókkal nem találtam ilyen irányú publikációt, ezért a szakirodalomban fellelhető más hordozókhoz viszonyítottam. Megállapítottam, hogy számos szerző számolt be hasonló eltávolítási kapacitásról ( $14,9\text{-}40,5 \text{ g H}_2\text{S m}^{-3}\text{h}^{-1}$  [Elias, A., 2002; Oyarzu'n, P., 2003; Ramírez, M., 2009]), így a felhasználását tekintve, a többi anyaghoz hasonlóan ezek is alkalmasak rögzített fázisú biológiai kén-hidrogén mentesítő reaktorok hordozó anyagaként történő alkalmazásra.

A *Thiobacillus thioparus* ipari körülményekre adott reagálását további hosszú távú, elsősorban nagy kén-hidrogén koncentrációjú és oxigén limitált környezetben elvégzett kísérletek kivitelezésével lehetséges javítani.

### Felhasznált Irodalom

Airwatec S.A. Belgium, ([www.airwatec.com](http://www.airwatec.com))

Deublein, D., Steinhauser, A., Biogas from Waste and Renewable Resources, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., 2008.

Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, ([www.dsmz.de](http://www.dsmz.de))

Deviny, J.S., Deshusses, MA., Webster, TD.: Biofiltration for Air Pollution Control, Lewis Publishers, Florida, 1999.

Elias, A., Barona, A., Arreguy, A., Rios, J., Aranguiz, I., Peñas, J.: Evaluation of a packing material for the biodegradation of  $\text{H}_2\text{S}$  and product analysis, *Process Biochemistry*, 37, 2002, 813-820.

Evolution Aqua, Lancashire, UK, ([www.evolutionaqua.com](http://www.evolutionaqua.com))

Huai, L., Chen, N., Yang, W., Bai, G.: Metabolic control analysis of L-cysteine producing strain TS1138 of *Pseudomonas* sp. *Biochemistry*, [Moscow], 74: 2009, 288-292.

Landaud, S., Helinck, S., Bonnarne, P.: Formation of volatile sulfur compounds and metabolism of methionine and other sulfur compounds in fermented food. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77, 2008, 1191-1205.

Magyar Viscosagyár, Nyergesújfalu, Hu., (www.zoltek.com)

Muyzer, G., J. Kuenen, G., Robertson, L. A.: Colorless Sulfur Bacteria In: Dworkin, M., et al. [eds.]: A Handbook on the Biology of Bacteria, Third Edition Springer Science+Business Media, New York, 2006.

Oyarzu'n, P., Arancibia, F., Canales, C., Aroca, G. E.: Biofiltration of high concentration of hydrogen sulphide using *Thiobacillus thioparus*, *Process Biochemistry*, 39, 2003, 165-170.

Panda, S. K., Jyoti, V., Bhadra, B., Nayak, K. C., Shivaji, S., Rainey, F. A., Das, S. K.: *Thiomonas bhuvanewarensis* sp. nov., an obligately mixotrophic, moderately thermophilic, thiosulfate-oxidizing bacterium, *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 59, 2009, 2171-2175.

Peu, P.: La gestion des effluents d'élevage et la production d'hydrogène sulfuré, cas particulier de la méthanisation, Doktori [PhD] értekezés, 2011.

Ramírez, M., Gómez, J. M., Aroca, G., Cantero, D., Removal of hydrogen sulfide by immobilized *Thiobacillus thioparus* in a biotrickling filter packed with polyurethane foam, *Bioresource Technology*, 100, 2009, 4989–4995.

Rasi, S. E.: Biogas composition and updrading to biomethane, Doktori [PhD] értekezés , 2009 ISBN 978-951-39

Ryckebosch, E., Drouillon, M., Vervaeren, H.: Techniques for transformation of biogas to biomethane, *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, no. 5, 2011, pp. 1633-1645.

Syed, M., Soreanu, G., Falletta, P., Béland, M.: Removal of hydrogen sulfide from gas streams using biological processes - A review, *Canadian Biosystems Engineering Journal*, vol. 48, 2006, 2.1-2.14.

Szentgyörgyi, E., Nemestóthy, N., Bélafi-Bakó, K. (2010.): Application of membranes in biogas production, *Desalination and Water Treatment*, 14, 112-115.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. (2003.): Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4th edition, McGraw-Hill Companies, New York, 14, 1505-1532.

Vlasceanu, L., Popa, R., Kinkle, K.B.: Characterization of *Thiobacillus thioparus* LV43 and its distribution in a chemoautotrophically based groundwater ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*, 63, 8, 1997, 3123-3127.

Wellinger, A., Lindberg, A.: Biogas Upgrading and Utilisation (2005), IEA Bioenergy Task 24: *Energy From Biological Conversion of Organic Waste*,.



## VÍZ- ÉS SZENNYVÍZKEZELÉS AZ IPARBAN '15 TUDOMÁNYOS KONFERENCIA NAGYKANIZSÁN

A Soós Ernő Vízügytechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ (SoósKFK) szakmai támogatásával a Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampuszán került megrendezésre második alkalommal a Víz- és szennyvízkezelés az iparban c. tudományos konferencia. A konferencia fő célja, hogy kapcsolódási pontot adjon az ipar és a tudományos élet számára. A konferencia lehetőséget biztosított, hogy a víz- ill. szennyvízkezelés területén dolgozók bemutassák ipari tapasztalataikat, legújabb kutatási eredményeiket, teret nyújtson a szakemberek, kutatók, ipari partnerek tapasztalatcseréjéhez és kapcsolatépítéshez. Átadásra került a 2014-ben alapított Ifjú Kutatói Díj MSc és PhD kategóriában.

A 2015. októberében megrendezésre került konferenciát Dr. Birkner Zoltán a Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampuszának, ill. a Soós KFK igazgatója nyitotta meg, majd Dénes Sándor Nagykanizsa MJV polgármestere mondott köszöntőbeszédet, végül Borsos Krisztina a Hidrofilt Vízügykezelést Tervező és Kivitelező Kft. ügyvezető igazgatója zárta a köszöntők sorát.

A plenáris ülés során elsőként a politikai színtérről Dr. Nemcsók Dénes (Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Programokért Felelős Helyettes Államtitkár) az Európai uniós forrásból megvalósuló víz- és szennyvíztisztítási projektek tapasztalatairól beszélt, majd Balla Krisztián (Nemzeti Fejlesztési Programiroda Nonprofit Kft., KEHOP szakmai vezetője) a Programiroda szerepét elemezte az EU-s finanszírozású programokban.

Rövid hozzászólásban Várszegi Csaba, a MAVÍZ titkárságának munkatársa tolmácsolta Nagy Edit főtitkár asszony köszöntő szavait, gratulálva a kutatóközpont létrejöttéhez és üdvözölve a konferenciát.

A következő előadásban Dr. Galambos Ildikó, a SoósKFK szakmai vezetője hangsúlyozta annak fontosságát, hogy az ipar és a tudomány elengedhetetlen feladata az együttműködés, ami nélkül egyik szektor sem működhet hosszú távon igazán eredményesen.

A 2014-ben, Borsos Ferenc bejelentésével megalakult a Soós Ernő Ifjú Kutatói Díj első átadása következett. A díjra a víz- és szennyvízkezelési problémákat feldolgozó MSc ill. PhD dolgozatokkal lehetett pályázni. Nagy számban érkeztek pályamunkák az elmúlt év során, akik közül a szakmai zsűri MSc kategóriában Hegedűs Pétert

(Pannon Egyetem Mérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet, témavezető: Szabóné Dr. Bárdos Erzsébet) jutalmazta, előadásában a Triton X-100 fotodegradációjával foglalkozott, míg PhD kategóriában Dr. Veréb Gábort (Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Környezatkémiai Kutatócsoport, témavezető: prof. Dombi András) díjazták, aki „Környezeti szennyezők ártalmatlanítása UV- és látható fényre aktív titán-dioxid alapú fotokatalizátorokkal” c. témában prezentálta dolgozatát. A díjakat az alapító tagok és a Kutatóközpont vezetői adták át.



Az Ifjú Kutató Díj átadása

A plenáris ülést Cseresnyés Péter (Munkerőpiacért és Képzésért Felelős Államtitkár) A Soós Ernő Víztechnológia Kutató-Fejlesztő Központ, mint innovációs minta Magyarországon előadásával zárta.

Az ebédet követően a délután folyamán öt párhuzamos szekcióban hallgathatták meg az érdeklődők a különböző ipari és tudományos előadásokat. 2015-re kibővült a konferencia egy nemzetközi szekcióval is, ahol angol nyelven zajlottak az előadások, mind ipari, mind tudományos témában egyaránt. A konferenciára szép számban érkeztek határon túlról is érdeklődők. Dr. Birkner Zoltán beszédében kiemelte, hogy a következő évek feladata az lesz, hogy a VSZI egy igazi nemzetközi konferenciává nője ki magát, ahol javarészt idegen nyelvű előadásokat hallgathatnak meg a résztvevők.

Az ipari szekciókban cégek vezető szakemberi tartottak előadást, mutatták be újításait, fejlesztéseiket és az így létrejött tapasztalataikat, ezek közül néhány résztvevő (a teljesség igénye nélkül): Veolia Water Solutions & Technologies



Magyarország Zrt., GE Water and Process Technology, MAVÍZ, Grundfos South East Europe Kft., Magyar Geotermális Egyesület, Biopsol Kft., KAVÍZ Kft., EMVIR Nonprofit Kft., PureMedion Ltd., Knot Kft., Waters Kft., Hach Lange Kft., Labsystem Kft., Horváth Gábor Környezetmérnöki Kft. - "Zöldkörök", Hidrofilt Kft.

A tudomány területéről a University of Maribor, Szent István Egyetem, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, MTA, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pécsi Tudományegyetem, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet és a Pannon Egyetem, azon belül házigazdaként a Soós Ernő Víztechnológiai Kutató-Fejlesztő Központ munkatársai is tartottak előadást.

Az előadások mellett a szünetekben tudományos poszterek bemutatására ill. az ipari résztvevők számára kiállítási és roll-up bemutatásra biztosítottak lehetőséget a szervezők. A konferencia keretei között az MKE Membrántechnikai Szakosztály soron következő ülését is megtartották.

A konferencia a szekcióelnökök (Dr. Laky Dóra, Dr. Bíró Ildikó, Dr. Kunsági-Máté Sándor, Dr. Lakner József és Lakner Gábor) összefoglalásával és a résztvevők pozitív, építő jellegű hozzászólásaival, javaslataival zárult, ahol kihirdetésre kerültek a hallgatóság által legjobbnak ítélt előadók is.

A jó hangulatú konferencia nagy sikert aratott szakmai körökben (2. kép), a több mint 200 fő résztvevő egyrészt tudásban, tapasztalatban, másrészt új szakmai kapcsolatokkal gazdagodva hagyta el a konferencia helyszínét. Egyedüli negatívumként a túlságosan gazdag szakmai programot jelölték meg, ezt orvosolva a 2016-ban megrendezendő VSZI'16 konferencia immáron két napos rendezvényként kerül megrendezésre előreláthatóan 2016. október 6-7-én, melyről részletes információk a [www.sooswrc.hu](http://www.sooswrc.hu) honlapon olvashatók hamarosan.





### Az Ereky Károly díj nyertesei

A VEAB Ipari Biotechnológia Munkabizottság 2015. november 18-án Veszprém-ben, a VEAB Székházban tartotta őszi ülését, melynek keretében került sor a „Hátrányos Helyzetű Gyermek-ek Oktatásáért” Alapítvány által meghirdetett Ereky Károly díjak átadására. A díjat alkalmazott biotechnológia témakörben készített BSc és MSc szak- illetve diplomadolgozatokkal lehetett elnyerni. A díjakat Dr. Horváth Géza egyetemi docens, az Alapítvány elnöke és Pallos József Péter, a PannonPharma ZRt. elnök-vezérigazgatója adta át.

#### A díjazottak:

##### 1. díj (100 000 - 100 000 Ft)

**Frank Tamara:** Xanthomonas arboricola pv. juglandis-ellenes fágterápiás készítmény fejlesztése

Témavezető: Dr. Kovács Tamás tud. munkatárs, (Environinvest ZRT, Pécs)

és

**Koók László:** Mikrobiális üzemanyagcellák vizsgálata

Témavezető: Béla finé Dr. Bakó Katalin egyetemi tanár (PE)

##### 2. díj (70 000 Ft)

**Németh Zsófia:** Hőérzékeny komponenst tartalmazó vizes oldatok kíméletes bepárlása

különböző membrános műveletekkel

Témavezető: Dr. Nemestóthy Nándor egyetemi docens (PE)

##### 3. díj (45 000 - 45 000 Ft)

**Kovács Mátyás:** A baktériális flagelláris filamentumok

kiépülésének szabályozásában meghatározó szerepet játszó FliK fehérje klónozása, előállítása és kölcsönhatásainak vizsgálata

Témavezetők: Dr. Vonderviszt Ferenc egyetemi tanár (PE)

és

**Salekovics Alexandra:** Mikrobiológiai kén-hidrogén mentesítés szakaszos rendszerben

Témavezetők: Dr. Nemestóthy Nándor egyetemi docens és Dr. Tóth Gábor tud. segédmunkatárs (PE)



Gratulálunk a díjazottaknak!

*Dr. Gubicza László*  
*a munkabizottság elnöke*

*Rippelné Dr. Pethő Dóra*  
*a munkabizottság titkára*

### A PERMEA 2016 konferencia pályázat nyertesei

A MKE Membrános Szakosztályának felhívása nyomán számos pályázat érkezett, amelyek közül a vezetőség döntése értelmében az alábbi pályázók részesülnek 100.000 forint támogatásban (a konferencia részvételi költsége):

| <i>Pályázó neve</i>   | <i>Intézménye</i> | <i>Státusza</i> | <i>Támogatás összege, HUF</i> |
|-----------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| Albert Krisztina      | SZIE - ÉTK        | Tanársegéd      | 100.000.-                     |
| Kovács Ildikó         | SZTE - MK         | PhD hallgató    | 100.000.-                     |
| Koók László           | PE - MK           | MSc hallgató    | 100.000.-                     |
| Lemmer Balázs         | SZTE - MK         | PhD hallgató    | 100.000.-                     |
| Molnár Máté<br>András | SZIE - ÉTK        | PhD hallgató    | 100.000.-                     |
| Németh Zsófia         | PE - MK           | MSc hallgató    | 100.000.-                     |
| Tóth András           | BME -<br>VBK      | Adjunktus       | 100.000.-                     |
| Rácz Gábor            | PE –<br>SOÓS WRC  | Tud. munkatárs  | 100.000.-                     |

**Dr. Vatai Gyula**  
szakosztályi elnök

## Műszaki Kémiai Napok '16

A Pannon Egyetem MŰSZAKI KÉMIAI KUTATÓINTÉZETE

**2016. április 26-28. között**

rendezi meg hagyományos évi konferenciáját Veszprémben.

### A konferencia témakörei:

- *biotechnológia és biomérnökség, reaktorteknika, enzim- és membrán-technológia*
- *gyógyszeripari anyagok és technológiák*
- *gyártás és feldolgozóipari (kémiai, vegyipari, agrár, élelmiszeripari és egyéb anyagátalakítási) technológiák*
- *környezet- és víztechnológiák*
- *kolloid- és határfelületi technológiák*
- *funkcionális nano- és mikroszerkezetű anyagok kutatása és előállítási technológiái*
- *bioszenzorika és bionanotechnológia*
- *bioanalitika, integrált mikrofluidikai rendszerek*
- *folyamatrendszerek tervezése és irányítása, rendszermérnökség*
- *fenntartható mobilitás*
- *biomassza hasznosítás, alternatív energiák és alkalmazásuk, energiahatékonyság*

Elméleti és gyakorlati eredményeket bemutató előadások és poszterek bejelentését várjuk.

A konferencián prezentálni kívánt előadások összefoglalóját vagy teljes szövegét a konferencia kiadványban történő közlés céljából szíveskedjenek a formai követelményeknek megfelelően – a jelentkezéssel egy időben – legkésőbb 2016. március 20-ig feltölteni a <http://mkn.mik.uni-pannon.hu> honlapra.

.

Dr. Vonderviszt Ferenc

egyetemi tanár

a Szervező Bizottság Elnöke

## KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

***International Conference On Nanotechnology Based Innovative Applications For The Environment, NINE***

2016. március 20-23., Róma, Olaszország

<http://www.aidic.it/nine/>

***12th World Filtration Congress, WFC 12***

2016. április 11-15., Taipei, Taiwan

[www.wfc12.tw](http://www.wfc12.tw)

***Műszaki Kémiai Napok'16***

2016. április 26-28., Veszprém

<http://mkn.mik.uni-pannon.hu>

***Membranes in Bioprocessing, MemBio***

2016. május 8-10., Bologna, Olaszország

<https://eventi.unibo.it/membranes-in-bioprocessing>

***Membrane Science and Technology Conference of Visegrad Countries, PERMEA 2016***

2016. május 18-21., Prága, Csehország

<http://www.melpro.cz>

***Hochschulkurs Membranprozesse, HSK***

2016. május 30 – június 1., Aachen, Németország

<http://www.avt.rwth-aachen.de/HSK/>

***ICHEME - Emerging and Hybrid Membrane Technology***

2016. június 10., London, Egyesült Királyság

<http://www.icheme.org/communities/special-interest-groups/fluid%20separations/events/2016.aspx>

***11th Scientific Conference on Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection, MEMPEP 2016***

2016. június 15-18., Zakopane, Lengyelország

[http://rie4.ise.polsl.pl/konfer/konfer16/index\\_en.php](http://rie4.ise.polsl.pl/konfer/konfer16/index_en.php)

***XXXIII. Membrános Nyári Egyetem***

2016. június 26-július 1, Bertinoro (Bolognai Egyetem), Olaszország

<https://eventi.unibo.it/ems-summer-school2016>

***Advanced Membrane Technology VII***

2016. szeptember 11-16, Cork, Írország

<http://www.engconf.org/conferences/chemical-engineering/advanced-membrane-technology-vii/>

***16<sup>th</sup> Aachener Membran Kolloquium***

2016. november 2-3, Aachen, Németország

<https://conferences.avt.rwth-aachen.de/AMK2016/>

***9th International Membrane Science and Technology Conference, IMSTEC***

2016. december 5-8., Adelaide, Ausztrália

<http://www.imstec.com.au/>

**MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA**

**A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392**

**Felelős szerkesztő:**

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: [bako@almos.uni-pannon.hu](mailto:bako@almos.uni-pannon.hu)

**A szerkesztőbizottság tagjai:**

a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége: Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula; valamint Dr. Gubicza László (lektor)

**Megjelenik:** negyedévente, 300 példányban

**Előfizetési díja:** évi 1 500 Ft

**Megrendelhető:** MKE Membrántechnikai Szakosztály, 1015 Budapest, Hattyú u. 16.