

## Válasz Dr. Pölczmann György Úr kérdéseire

Köszönöm a Bíráló által megfogalmazott megjegyzéseket és észrevételeket. A megfogalmazott kérdésekre az alábbiakban válaszolok.

A Kivonatban a Jelölt megfelelően mutatja be a tématerület jelentőségét, és a munkája főbb céljait. A Bevezetés részben a dolgozat elméleti alapjait és a Jelölt kutatási munkájának főbb mérföldkövei kerültek összefoglalásra. Egy kérdésem maradt itt, a Jelölt mit ért azon, hogy a szintézisgáz hidrogénné alakítható? Itt jegyezném meg, hogy az egész dolgozatot tekintve köszönöm a korábbi bírálatomban tett javaslatim alapján elvégzett tartalmi módosításokat is.

*Köszönöm a kérdést, ez a kijelentés arra irányult, hogy szintézisgázból tiszta hidrogén állítható elő egyéb elválasztási és/vagy tisztítási módszerekkel, mely alapjául szolgálhat további eljárásoknak is.*

Kérdéseim és megjegyzéseim az Irodalmi összefoglalóhoz:

- mi a különbség a megújuló és a megújítható biomasszák szén-dioxid életciklusa között?

*Megújuló energiaforrások (pl. nap, szél, víz) életciklusuk során nem termelnek szén-dioxidot, míg a megújítható energiaforrások (pl. biomassza) életciklusukban képesek a szén-dioxid megkötésére, így az életciklusuk végén pl. termokémiai felhasználásukkal együtt karbonsemlegesnek tekinthetők.*

- 1.1 fejezet
  - o a települési szilárd hulladék szerves összetevő között miért szerepelnek a fémek? Azok nem szerves anyagok, vagy olyan szerves anyagokról beszélünk, amelyek fématomokat is tartalmaznak?

*Ebben a formában az említett mondat valóban félreérthető. Az MSW fémtartalmú része szerettem volna utalni.*

- 1.3 fejezet
  - o 1.3.1 fejezet
    - a 4 és 5. ábrán a biogáz és a folyékony üzemanyag miért biomassza hulladék kategória?

*A forrás, amelyről az adatsor származik, a biomassza kategóriába sorolja biogáz és a bio alapú folyékony üzemanyagot (IECC szerinti definíció).*

- o 1.3.3 fejezet
  - az 1. táblázat rendezetlen maradt, hosszú idő kibogarászni, es

nem pontosan értem mitől függ melyik megállapítás melyik szinten áll. A 2. táblázat viszont nagyon fontos és informatív, a dolgozat egyik kiemelkedő pontja.

***Köszönöm a bíráló jobbító észrevételeit.***

- 1.4 fejezet
  - o 1.4.2 fejezet
    - a 3. táblázat alapján melyik biomassza összetétele a legkedvezőbb az egyidejűleg magas CO és magas H<sub>2</sub> tartalmú gáztermék szempontjából?

***Alapvetően az illékony anyag tartalmát, valamint a cellulóz és hemicellulóz tartalmát kell figyelembe venni, hiszen előbbi a gáztermék mennyiségét, még utóbbi kettő a CO és a hidrogén mennyiségét befolyásolja. Ez alapján a kukorica biomassza a legalkalmasabb.***

- o 1.4.4 fejezet
  - a főbb elgázosító- és/vagy elgázosító egységet tartalmazó technológiák folyamatábráit a Melléklet tartalmazza, célszerű lett volna ezt a szövegben meghivatkozni

***Köszönöm a bíráló jobbító észrevételeit.***

- 1.5 fejezet
- a technológiai folyamatábrákat, amelyek a fontosabb CO<sub>2</sub> megkötő, de még inkább a biomassza elgázosítás - CO<sub>2</sub> megkötés integráció megvalósításait mutatják be, a Melléklet tartalmazza, célszerű lett volna ezt a szövegben meghivatkozni

***Köszönöm a bíráló jobbító észrevételeit.***

Kérdéseim és megjegyzéseim a Kísérleti tevékenységhez:

- 3.1 fejezet
  - o 3.1.2 fejezet
    - létezik olyan Ni impregnálási módszer a szakirodalomban, amivel a katalitikus aktivitás csökkenése elkerülhető lenne?

***Véleményem szerint nem, hiszen egyéb impregnálási módszereket alkalmazva is, a használat során előfordulhat folyamatos eltömődés, aprózódás, a nikkel tartalom agglomerációja, stb.***

- o 3.1.3 fejezet
  - milyen szempontok alapján lettek pont ezek az adszorbensek kiválasztva? Miért csak zeolit típusok, és az aktív szén miért csak referencia?

*Az adszorbensek kiválasztása az alábbi kritériumok szerint történt: szén-dioxid megkötő képesség, alkalmazási területek, hatások, újrahasználatosság, gazdaságosság. Az aktív szénen választottam referenciaként, mert az a legelterjedtebb és a legtöbb kutatásban ezt az adszorbenst alkalmazzák. Emellett szerettem volna egy-két szintetikus előállított adszorbenst is vizsgálni, egyet, mely gyakorta alkalmazott a CO<sub>2</sub> megkötésben (NaX), illetve egyet mely nem elterjedten alkalmazott (Zeosorob 5A), viszont pórustérfogata és fajlagos felülete megfelelő adszorbenssé teheti. Végül egy természetes zeolit alkalmazhatóságát is megvizsgáltam (Klinoptilolit), így meg tudtam vizsgálni annak katalizátor hordozókénti és adszorbenskénti viselkedését is.*

- 3.2 fejezet
  - o melyik a gyakoribb megoldás a szakirodalomban: összekeverve vagy elkülönítve helyezik be az alapanyagot és a katalizátort a reaktorba?

*Korábban elterjedtebb volt az alapanyag és a katalizátor összekeverve történő alkalmazása, azonban a fémek felületre történő impregnálását követően leginkább elkülönítve helyezik a reaktorba az alapanyagot és a katalizátort. Való igaz, hogy összekeverve a degradációs folyamatok lejátszódása hatékonyabb, azonban az így keletkezett maradék és annak átmenetifém tartalma veszélyes hulladéknak számít. Amennyiben természetes zeolitot alkalmazunk, impregnálás nélkül, „tisztán”, az alapanyag keverhető a katalizátorral.*

Kérdéseim és megjegyzéseim a Kísérleti eredmények és értékelésükhöz:

- mi indokolja itt a nem saját kutatási eredmények behivatkozását. cél volt ezek igazolása? Emellett örömmel láttam a saját közleményekre történő hivatkozásokat is.

*Lényegében igen, az eredményeimnek az összehasonlítása volt a cél a szakirodalomban kapottakkal.*

- 4.2 fejezet
  - o a nedvességtartalom vizsgálatokhoz miért a ZSM-5 katalizátort választotta a Jelölt?

*Ez az egyik legelterjedtebben alkalmazott katalizátor a biomassza gázosítása során, illetve a további kísérleteimben is megjelenik a négy kiválasztott katalizátor között.*

- o 4.2.5 fejezet
  - a szimuláció milyen gáztermék minőséggel számol? Mi a szimulációból kinyerhető legfontosabb következtetés?

*Sajnos a gáztermék minőségével nem foglalkoztam, csak a hőigénnyel, illetve annak*

*változásával. Megállapítottam, hogy a nedvességtartalom növelésével, illetve a vízgőz beadagolásával jelentősen nő a nettó befektetett energia.*

- 4.3 fejezet
  - o 4.3.4 fejezet
    - a 17. táblázatban célszerűbb lett volna a vízgőz:alapanyag arányt feltüntetni, de kis átgondolással ez nem zavaró.
      - ***Köszönöm a bíráló jobbító észrevételeit.***
  - o 4.3.5 fejezet
    - a megállapításokban jelezni kellett volna, hogy mi lett a kiválasztott zónahőmérséklet és vízgőz:alapanyag arány, hiszen a kísérletek erre irányultak

***Köszönöm a bíráló jobbító észrevételeit.***

- 4.4 fejezet
  - o 4.4.1 fejezet
    - a nitrogén térfogatáram és a tartózkodási idő alapján lett meghatározva?

***A kérdéses paraméterek korábbi mérési eredmények és szakirodalom alapján kerültek meghatározásra.***

- 4.5 fejezet
  - o 4.5.1 fejezet
    - miért esett a választás a klinoptilolitra? Hiszen az AC szén-dioxid kapacitása sokkal jobb, mi az akadálya a post-situ adszorbensként történő alkalmazásának?

***Köszönöm a kérdést. Az AC csak referencia volt, ahogy ez kifejtésre került ebben a részben. Semmiképp sem az AC használata volt a cél. Az AC egy széles körben alkalmazott adszorbens, mely helyett egy alternatív megoldást szerettem volna választani. Természetesen az aktív szén is alkalmazható post-situ adszorbensként, ciklikus vizsgálatokban, melyre vonatkozóan sok eredmény található az irodalomban (pl. PSA).***

- 4.6 fejezet
  - o 4.6.3 fejezet
    - hogy számítódik ki végül pontosan a pénzre átszámított gazdasági előny, egy tonna biomassa elgázosítására vonatkoztatva?

***Először kiszámítottam a post-situ elgázosítás nélkül keletkezett gáztermék CO<sub>2</sub> tartalmának***

*mennyiségét 1 tonna biomasszára (kiszámítottam, hogy egy g alapanyagból hány mg széndioxid keletkezik, majd ezt felszoroztam 1 tonna alapanyagra), majd felszoroztam 1t CO<sub>2</sub> árával. Ezt a számítást hasonlóképp végeztem el a post-situ megkötést tartalmazó adatsorra is, majd a kettő különbsége adta meg a gazdasági előnyt, melyekből már a CO<sub>2</sub> csökkentés mértékének százalékos aránya is számítható volt.*

- az előzőekben megadott gazdasági előnyt becslés alapján mekkora százalékban csökkenti egy post-situ adszorbens berendezés és a katalizátor beszerzési és működtetési költsége?

*Köszönöm a kérdést. A katalizátor és az adszorbens beszerzési költségét nem számolnám ide, hiszen az „alapanyag” költségek közé sorolhatók. Azonban, ha számításba kell venni akkor elmondható, hogy a zeolit katalizátorok ára, valamint a nikkel és az adszorbensként alkalmazott klinoptilolit olcsó, gazdaságilag nem okoz nagy beruházási költségnövekedést. Ami problémásabb, az a berendezés költsége, melynél a regeneráláshoz, mind a katalizátor, mind az adszorbens esetében nagy energiabefektetés szükséges. Véleményem szerint ez közel 30-50%-kal csökkentené a gazdasági előnyt.*

- milyen lehetőségek vannak a már nem regenerálható adszorbensek kezelésére?

*Amennyiben a már nem regenerálható adszorbens tartalmaz számunkra értékes komponenst (pl. fémet) azok kinyerésével célszerű foglalkozni. Amennyiben „kimerült” az adszorbensünk, és az nem felületmódosított, egyszerű, környezetre nem káros anyag, akár le is rakható. Végül víztisztító eljárásokban, vagy nedvesség megkötésére is alkalmazható.*

- 4.7 fejezet
  - o a kísérletekben elért legjobb szintézisgáz hozamok és összetételek alapján a végtermékek milyen további ipari felhasználását javasolja a Jelölt?

*A CO/CO<sub>2</sub> arány alapján metanol szintézist, szintetikus üzemanyag előállítását vagy tisztítását követően, FT szintézist, de itt szükséges a hidrogén tartalom növelése is.*

- a Jelölt hogy látja a biomassza elgázosítás jövőbeni nagyipari lehetőségeit Magyarországon (alapanyag ellátottság, költségek, termékek értékesíthetősége)?

*Biomassza tüzelésű erőművek már léteznek Magyarországon, azonban az EU-s direktívák végett szükség lesz a jövőben a biomassza hulladékok termokémiai átalakítására is. 2019-ben a MOL biofinomító projektbe, illetve a REDIFUEL projektbe lépett be, ahol biomassza gázosítása és a termék FT szintézise a cél, korszerű FT dízel előállítása céljából. Emellett a korszerű bioüzemanyag projekt keretében a cél a REDII direktívának megfelelően növényi és*

*piroolajok bedolgozása és felhasználása a finomítóban. Emellett a 4REFINERY projekt keretében alternatív üzemanyag előállítása a cél biomasszából. Alapanyag elérhetőséget tekintve, egy kisebb méretű technológiának biztosított az alapanyag ellátása, azonban ha figyelembe vesszük a lakossági szilárd hulladék és/vagy szennyvíziszap felhasználási lehetőségét is, akkor nem valószínű ellátási probléma kialakulása. Termék értékesíthetősége úgy gondolom, hogy egyelőre kérdéses, azonban az EU direktívák egyre inkább a hulladék alapú eljárások minél szélesebb körű elterjedését segítik elő.*

Veszprém, 2024. 09. 16.



Zsinka Viktória

okleveles vegyészmérnök