

Dr. Tóth András József

Magyar Állami Eötvös Ösztöndíj

Beszámoló – 2021.09.15

Technológiai hulladékvíz kezelési eljárások értékelése életciklus elemzéssel (LCA)

Az Eötvös-pályázat keretében két területen végeztem **életciklus elemzést vízkezelés témakörében:**

- sómentesítő eljárások átfogó értékelése
- AOX-mentesítő eljárások összehasonlító elemzése

Sómentesítő eljárások átfogó értékelése

Napjainkban a sómentesítési eljárások globálisan egyre jobban elterjednek, ami az egyik leghatékonyabb megoldás a vízhiány problémájának megoldására a világon. A sótelenítés azonban nem hibamentes folyamat, és számos környezeti, emberi egészségügyi következménnyel jár. A munka során több sótelenítési eljárást vizsgáltam különböző technológiákkal. A többlépcsős gyors lepárlást (multistage flash distillation, MSF), a többhatásos desztillációt (multi effect distillation, MED) és fordított ozmózist (reverse osmosis, RO) hasonlítottam össze különböző energiaforrásokkal (fosszilis energia, napenergia, szélenergia, nukleáris energia). A cél az volt, hogy három különböző értékelési módszerrel vizsgáljam meg a különböző sótelenítési technológiák hatékonyságát az említett energiaforrásokkal. Az életciklus elemzés (LCA), a PESTLE és a többkritériumú döntési elemzés (Multi-Criteria Decision Analyses, MCDA) módszereit használtam az egyes eljárások értékeléséhez. Az LCA a következő hatáselemzésen és értékelésen alapult: ReCiPe 2016, IMPACT 2002+, IPCC 2013 GWP 100a indikátor módszerek. A PESTLE kockázatelemzése politikai, gazdasági, társadalmi, technológiai, jogi és környezeti tényezőkkel értékelte a folyamatokra és technológiákra gyakorolt hosszú távú hatást. Az MCDA pedig a megrendelési preferencia technikáján alapult, amely hasonlít az ideális megoldáshoz (TOPSIS) a sótelenítési technológiák értékeléséhez. A munkában figyelembe vettem az üzem működési szakaszát,

amely magában foglalta a szükséges energia- és vegyszer szükségleteket, ezt „bölcsőtől a kapuig” elemzésnek nevezik. Az elemzéshez egy Szaúd-Arábiai üzem adatait használtam fel, 1 m³ tisztított víztermék alapegységgel. A munka eredményeként elmondható, hogy az RO a megújuló energiákkal kombinálva kiemelkedő előnyökkel jár az emberi egészség, az ökoszisztéma minősége, az éghajlatváltozás, az erőforrások és az üvegházhatású gázkibocsátások tekintetében.

A kutatómunkáról már elkészült a tudományos publikáció, ami a *Water* (Q1) folyóiratban van jelenleg bíráló alatt.

Huyen Trang Do Thi, Tibor Pasztor, Daniel Fozer, Flavio Manenti, Andras Jozsef Toth: Comparison of desalination technologies using renewable energy sources with Life Cycle, PESTLE and Multi-Criteria Decision Analyses

AOX-mentesítő eljárások összehasonlító elemzése

A munkában összehasonlítottam egy adszorbeálható szerves kötésű halogén (AOX) tartalmú gyógyszergyári hulladékvíz desztillációval és sztrippeléssel történő kezelési eljárásait. SimaPro programot használva, életciklus elemzést (LCA) is használtam a vizsgálatok során. Az eljárásokat folyamatszimulátorokban modelleztem.

Már az összetétel adatok és a kezelési eljárások határfokainak első összevetésekor szembetűnő volt, hogy a sztrippelés milyen nagy hatékonysággal távolítja el a szerves kötésű halogéneket, a desztillációhoz képest. A levegős sztrippeléssel lehetett a legjobban elválasztani az AOX vegyületeket. Azonban ebben az esetben a szennyező anyagok a levegőáramban lesznek megtalálhatók. A sztrippelőből kilépő szennyezett levegőáramot, ami főként diklórmétánt tartalmaz, egy katalitikus oxidációval, klórgázzá és sósav gőzzé oxidáljuk. Végül ezeket a gőzöket, gázokat nátrium-hidroxiddal semlegesítjük. Ebből az is látszik, hogy a levegős sztrippelés egy bonyolultabb, összetettebb, nagyobb beruházási költséggel bíró eljárás. Ezzel szemben a kevésbé hatékony vízgőzös sztrippelés egy egyszerűbb eljárás, ahol egy sztrippelő oszlop végzi az elválasztást. A vízgőzös sztrippelés nagy előnye, hogy a felül távozó szennyezőben gazdag áram, olyan magas koncentrációban tartalmazza a diklórmétánt, hogy akár az újbóli felhasználásra alkalmas lehet. Desztillációnál, noha a szerves halogén vegyületek elválasztása, még ha nem olyan mértékű, mint a sztrippelésnél, akkor is a

kibocsátási 8 ppm-es határérték alatti koncentráció elérhető a fenéktermékben. Továbbá a rektifikáló kolonna üzemeltetése, működése, jóval egyszerűbb a levegős sztrippelésnél. A vizsgált technológiai hulladékvíznek magas volt a metanol tartalma is. A betáplálási áram 0,44 tömegszázalékban tartalmazott metanolt, ami a halogén vegyületekhez hasonlóan rákkeltő tulajdonságú. A metanol mennyiségét is figyelembe véve, a sztrippeléses eljárások nem hatékonyak. Levegős sztrippelés esetében 27%-ban el tudja távolítani a metanolt míg a vízgőzös sztrippelés még kevésbé hatékony. Ezzel szemben a desztillációs eljárással, nem csak az adszorbeálható szerves kötésű halogéneket tudjuk a kibocsátási határérték alá csökkenteni, de a metanol tartalmat is kellőképpen le tudjuk redukálni. Az életciklus elemzés elvégzésével remekül látszik, hogy a desztillációval tisztított hulladékvíz, kevésbé káros az élőlényekre és a környezetre. Mindez annak köszönhető, hogy a metanol tartalmat 0,1 tömegszázalékra tudjuk csökkenteni a maradékban. Az életciklus elemzés alapján a levegős sztrippelés az, ami kedvezőbb kimenetelű, de itt a program nem veszi figyelembe, hogy bár nagyobb hatásfokkal távolítjuk el az AOX vegyületeket, mint vízgőzös sztrippelés esetében, de ez a módszer még számos utókezelést igényel. Továbbá a katalitikus oxidációhoz a katalizátor sok esetben igen költséges. Ez abból adódik, hogy ahhoz, hogy az egység jól működjön egy speciális homogén felületű katalizátorra van szükség. Ha nem lenne homogén felületű a katalizátor, akkor az exoterm reakció következtében a katalizátor nagy mértékben degradálna.

Az elvégzett munkáról 2021. ősz folyamán tudományos publikáció fog készülni, célirányozottan WoS folyóiratban akarom megjelentetni az eredményeket.