

A szennyvíztelepek karbon lábnyomának csökkentése a rothasztott iszapok szuperkritikus vizes feldolgozásával és a biogáz széndioxid tartalmának biometánná alakításával

Hujber Ottó

Coopinter Kft, 1135 Budapest, Lehel u. 61, (E-mail: otto.hujber@kerogoil.com)

Kivonat

Aktuális probléma és kiváló lehetőség is a rothasztott iszapok hasznosítása. Egyfelől, a mezőgazdasági hasznosítás korlátozott, másfelől rothasztott iszap jelentős energiataralommal bír, így feldolgozás után a telep energiatermelése akár megduplázható. Ha a rothasztott iszap szervesanyag tartalmát a szuperkritikus vizes elgázosítás (SCWG) technológiájával magas hidrogéntartalmú gázzá alakítjuk, akkor az így nyert hidrogén alkalmas a rothasztókból kikerülő biogáz széndioxid tartalmának BioCat reaktorban biometánná való alakítására. Az SCWG csőreaktorából kikerülő zagyból egyszerűen kivonhatóak a foszfor vegyületek, és terméké alakítva, azok műtrágyaként visszajuttathatók a mezőgazdaságba. Az SCWG technológia végén desztillált vizet kapunk, amely felhasználható technológiai célokra (pl. elektromos vízbontó tápvizeként, kazán tápvízé, motorok hűtővizé stb.) vagy felhasználható a szürke vízhálózat vizeként, ahol ilyen hálózat létezik, illetve közvetlenül visszajuttatható a természetbe.

A rothasztott iszap SCWG technológiával történő feldolgozásának eredményeképpen a maradék inert szilárd anyag elszállításával kapcsolatos szállítási igény a töredékére redukálódik, ezzel is csökkentve a széndioxid kibocsátást.

Összegezve: a rothasztott iszap SCWG technológiával történő feldolgozása jelentősen csökkenti a szennyvíztelep széndioxid kibocsátását megnövekedett energiatermelés mellett és egy komoly lépést jelent a körkörös gazdaság felé.

Kulcsszavak:

Körkörös gazdaság, szennyvíziszap, biogáz, SCWG, hidrogén, BioCat Reaktor, biometán, széndioxid emisszió, karbon lábnyom, dekarbonizáció

Reducing the carbon footprint of wastewater treatment plants by supercritical aqueous treatment of digested sludge and reducing the carbon dioxide content of biogas by conversion to biomethane

Abstract

The utilization of digested sludges is also a current problem and an excellent option. On the one hand, the agricultural utilization is limited, on the other hand, digested sludge has a significant energy content, if processed, we can double the energy production of the plant. If the organic matter content of the digested sludge is converted to a high hydrogen content gas by supercritical water gasification (SCWG) technology, the hydrogen thus obtained is suitable for converting the carbon dioxide content of the biogas from the digesters to biomethane in a BioCat reactor. Phosphorus compounds can be easily extracted from the slurry leaving the SCWG tubular reactor, transformed into a product and returned to agriculture as fertilizer.

At the end of the SCWG technology, distilled water is obtained, which can be used for technological purposes (e.g. as the feedwater for electrolyzers, boiler feed water, engine cooling water, etc.) or can be used in the grey water system, where such system exists, or can be returned directly to the nature.

As a result of processing of the digested sludge with SCWG technology, the transport demand for the removed residual inert solids is reduced to a fraction, thus further decreasing CO₂ emissions.

In summary: SCWG processing of digested sludge significantly reduces the carbon dioxide emissions of the sewage plant with increased energy production, and it is also a major step towards circular economy.

Keywords:

Circular economy, sewage sludge, biogas, SCWG, hydrogen, BioCat Reactor, biomethane, carbon dioxide emissions, carbon footprint, decarbonisation

BEVEZETÉS

A szennyvíziszapok Földünk nagy mennyiségben, kiszámítható módon rendelkezésre álló, jelentős volumenű megújuló energiaforrásai.

Jelenleg a szennyvíziszapok energiataralmának hasznosítása, megfelelő üzemmegvalósulás esetén, többnyire biogáz erőműben történik. A keletkező biogáz mintegy 40%-ban tartalmaz széndioxidot, ami többlet-légkörszennyezésként kerül a környezetbe. A helyzetet tovább rontja, hogy a biogázzá történő feldolgozás

eredményeképpen keletkező rothasztott iszap még jelentős szervesanyag tartalommal bír, amely annak mezőgazdasági hasznosítása esetén részben széndioxidá, részben pedig metánná bomlik, melynek üvegház hatása a széndioxidénak a 23-szorosa.

A biogáz széndioxid tartalma Power to Gas (P2G) technológiával feldolgozható biometánná, amihez az átalakítandó széndioxid mennyiségének négyszerese mennyiségű hidrogénre van szükség. A hidrogént az iparban elektromos vízbontó segítségével állítják elő, ami jelentős beruházást igényel, de a biogáz széndioxid tartalma ezzel biometánná alakítható, egyben eltárolva a vízbontó üzemeltetésére (vagyis a hidrogén előállítására) fordított nap-, és szélenergiát. Ezzel, jelentős beruházás árán, kezelni tudják a biogáz széndioxidtartalma által okozott problémát, de a rothasztott iszapok által okozott több mint tízszeres nagyságú üvegház hatású gázkibocsátás még megmarad.

Az SCWG megoldás a létező integrált biogáz-, és P2G technológiák továbbfejlesztett változatának tekinthető. A jelen cikk egy lehetséges műszaki megoldást mutat be, kitérve az alkalmazásával járó pozitív környezeti és gazdasági hatásokra is.

A ROTHASZTOTT ISZAP, MINT PROBLÉMA ÉS LEHETŐSÉG

A rothasztott iszapok a mezőgazdasági hasznosítása korlátozott, ugyanakkor az iszap jelentős energiataralommal bír, így feldolgozás után a telep energiatermelése akár megduplázható.

Ha a rothasztott iszap energiataralmát a szuperkritikus vizes elgázosítás (SCWG) technológiájával főleg hidrogént tartalmazó gázzá alakítjuk, akkor ez a hidrogén-tartalom alkalmas a rothasztókból kikerülő biogáz CO₂ tartalmának BioCat reaktorban biometánná való alakítására. Mivel a rothasztott iszap SCWG feldolgozása során annak szerves anyag tartalma hasznosított gázokká alakul, jelentősen lecsökken az SCWG technológiából kikerülő zagy mennyisége. Ebből a zagyból könnyen kivonhatók a foszfor vegyületek, amelyek talajjavító termékké dolgozhatók fel. Így a rothasztott iszap eredendően magas szállítási igénye a töredékére csökken, ezzel is csökkentve a szállítással kapcsolatos költségeket és széndioxid kibocsátást. A technológia végterméke kondenzvíz tisztaságú víz, melynek széleskörű felhasználhatósága tovább emeli az SCWG technológia értékét.

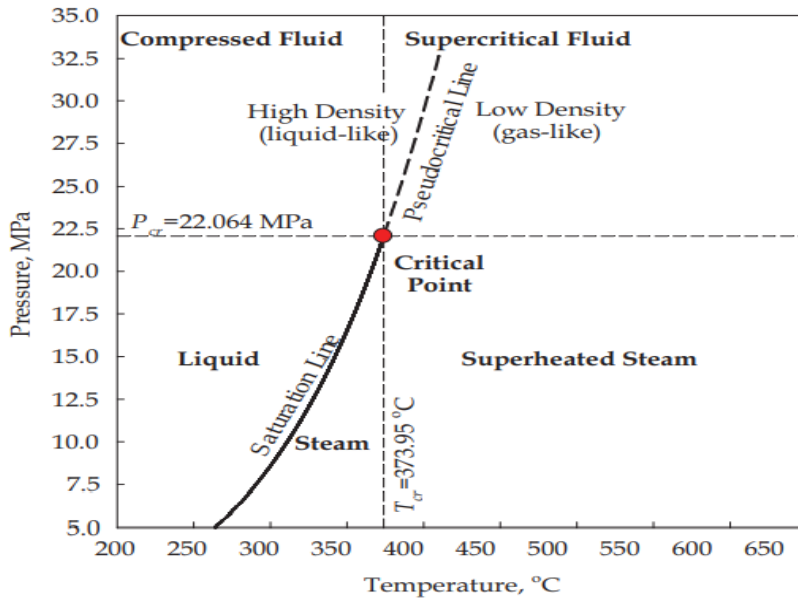
A SZUPERKRITIKUS VIZES ELGÁZOSÍTÁS (SCWG) TECHNOLÓGIA

A szennyvíziszapok, beleértve a rothasztott iszapokat is, nagy nedvességtartalmú biomasszák, melyek energetikai hasznosítása a hagyományos égetéses eljárással nem célszerű. Mivel ezen iszapok nedvességtartalma 80% körül van, az égetés határfoka nagyon alacsony, az égetéshez szükséges szárítás által igényelt hőenergia és/vagy a támasztótüzelés energiaszükséglete miatt, az égetés energia-balansa alig pozitív. Az égetéssel történő energetikai hasznosítás egyéb, környezetvédelmi szempontból sem kívánatos, elsősorban a füstgázban található káros anyagok emissziója miatt. A nagy nedvességtartalmú biomasszák energetikai feldolgozása szuperkritikus vizes elgázosítással (SCWG) célszerű, a magas energetikai határfok-, és a biometanizációban felhasználható hidrogén keletkezése miatt.

Mi az a szuperkritikus víz?

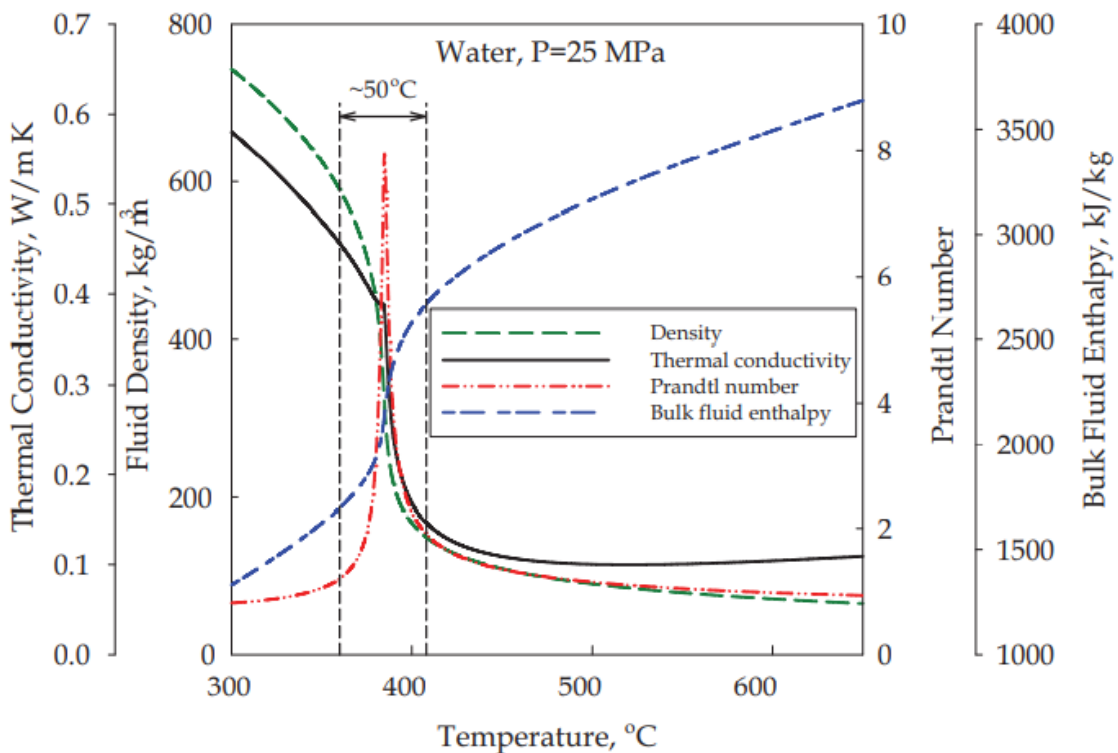
Az anyagok kritikus pontját 1822-ben fedezte fel Charles Cogniard de la Tour francia fizikus. A víz kritikus paraméterei: $T = 374\text{ °C}$, $P = 221\text{ bar}$. Amint az *1. ábra* mutatja, a víz 221 bar nyomás felett már nem megy keresztül fázisváltáson, vagyis bármennyire is emeljük a hőmérsékletét, nem válik gőzzé. A víz sűrűsége viszont, átlépve a kritikus pontot, egyre csökken és a víz viselkedése gőz-szerűvé válik, annak minden jellemző tulajdonságával (Igor Pioro és Sarah Mokry 2011).

Átlépve a kritikus pontot, a víz kiváló oldószerre válik a szerves anyagok számára és már nem oldja a szerves anyagokat. A kritikus paramétereken túli tulajdonságai a vizet kiválóan alkalmassá teszik „zöld” vegyipari technológiák megvalósítására. A szuperkritikus víz környezetipari és egyéb technológiai alkalmazását, nagy teljesítményű, folyamatos üzemű csőreaktorok megvalósítását, sokáig gátolta a magas hőmérsékletet és nagy nyomást egyidejűleg jól viselő szerkezeti anyagok hiánya (Brian R. Pinkard és társai 2019, Igor Pioro és társai 2011, F. Safari és társai 2016).



1. ábra
Figure 1.

A szuperkritikus víz (SCW) tulajdonságai szerint gőzszerű víz vagy vízszzerű gőz. A víz fizikai és kémiai tulajdonságai a kritikus pontot átlépve gyors változáson mennek keresztül. Többek között jelentősen megváltozik a víz sűrűsége, viszkozitása, dielektromos állandója, entalpiája és hőátadási tényezője is (lásd 2. ábra).



2. ábra
Figure 2.

Az elmúlt 10 évben, már a gépipar számára is elérhető áron, megjelentek olyan CrNi ötvözetű csövek pl. Inconel 740 H, amelyek lehetővé tesznek 650-700 °C hőmérsékletet 300-380 bar nyomás mellett.

A létező szuperkritikus vizes technológiák és hasznosítási területük

Alapvetően kétfajta SCW technológiát különböztetünk meg:

Szuperkritikus vizes oxidáció (SCWO).

Ez egy endoterm folyamat, melynek során hőenergia keletkezik (hiszen ez gyakorlatilag égés). Az ilyen technológiák csőreaktora általában cső a csőben reaktor, ahol a belső csőben folyik az oxidáció és a keletkező hőenergiát a külső cső vezeti el, tápvízből keletkező gőz formájában, amit pl. gőzturbina hasznosíthat. Ez a technológia is alkalmas lehet a szennyvíziszapok energiahatékony feldolgozására olyan helyen, ahol még nem működik biogáz üzem és nem kell hidrogént előállítani a biogáz mintegy 40%-át kitevő széndioxid biometánná való alakításához. A SCWO technológiával feldolgozhatók a friss és a vegyes iszapok is.

Az SCWO technológia veszélyes hulladékok megsemmisítésére, mélyen fekvő extra-nehézz olajok kitermelésére, hagyományos módszerrel kitermelt extra-nehézz olajok szállítást elősegítendő parciális finomítására és a palaolajok és olajpalák hatékony, hidraulikus rétegrepesztést mellőző, kitermelésére használható (Hujber Ottó és Dr. Poós Tibor 2021).

Szuperkritikus vizes elgázosítás (SCWG).

Ez egy exoterm folyamat, ahol a csőreaktorba hőt kell bevinnünk ahhoz, hogy a folyamat lejárjon. A cél, a keletkező generátorgáz hasznosítása, melynek összetétele 30-40% metán, 8-15% szénmonoxid és 40-65% hidrogén. A generátorgázok aránya katalizátorok alkalmazásával változtatható, szükség szerint beállítható. A SCWG technológia elsősorban nedves biomasszák energiahatékony feldolgozására használható úgy, mint lakossági-, és ipari szennyvíziszapok, cukornád törek (bagasse), cukorrépaszelet, gabonatörköly, gyors vágásfordulójú energia ültetvények, a biogáz üzemek rothasztóiból kikerülő rothasztott iszapok stb. (Cataldo De Blasio és társai 2019, Apip Amrullah és társai 2017, Michael Jerry Antal, Jr. és társai 2000).

A szennyvíz iszapok SCWG kísérleteinek eredményei.

Számtalan laboratóriumi kísérlet történt, de csak egy közismert pilot berendezés készült el, a Karlsruhei Egyetem (KIT) VERENA nevű projektje keretében. Ezt a pilot üzemet nem követte ipari méretű kereskedelmi berendezés, nem lett belőle piaci technológia. Viszont a VERENA pilot üzem működtetése során sok fontos gyakorlati eredmény született (Dr. N. Boukis és társai 2016). Ezek közül a legfontosabbak:

- a szennyvíziszap SCW alapú elgázosítása működőképes eljárás;
- a szennyvíziszap kigázosítása, illetve a kigázosítás mértéke függ a szennyvíziszap-részecskék méretétől és a szennyvíziszap homogenitásától (a részecskék méretének egyenlő vagy nem egyenlő nagyságától);
- ha a szennyvíziszap megfelelő előkészítése, elsősorban a szennyvíziszap oxigén-tartalmának eltávolítása (termikus gáztalanítás), nem történik meg, akkor jelentős lesz a termék-gázok CO₂ tartalma (20-30 %);
- az alkalmazott SCWG reaktor nem alkalmas nagy teljesítményű feldolgozó-üzem építésére, vagy nagyobb üzem megvalósítása csak sok párhuzamosan működő, kis méretű reaktor alkalmazásával lehetséges, drágább fajlagos beruházási költséggel;
- nem megfelelő szennyvíziszap előkészítés (nem megfelelő aprítás-, és homogenizálás) esetén nagyobb méretű szilárd részek (többnyire koks darabok) keletkeznek, amelyek a berendezés csöveinek elrakódását, blokkolását okozzák rövid időn belül.
- A KIT által a Verena projektben alkalmazott eljárás és berendezés nem tudja megakadályozni a kigázosítandó elegyben lévő oldatlan szervesanyagok csővezetékben-, elsősorban a reaktor csöveiben, történő kiválását, ami dugulást és ezáltal gyakori üzemzavart okozott. Ez lehet az egyik oka annak, hogy a KIT szuperkritikus vizes elgázosításon alapuló technológiája a piacon nem terjedt el.

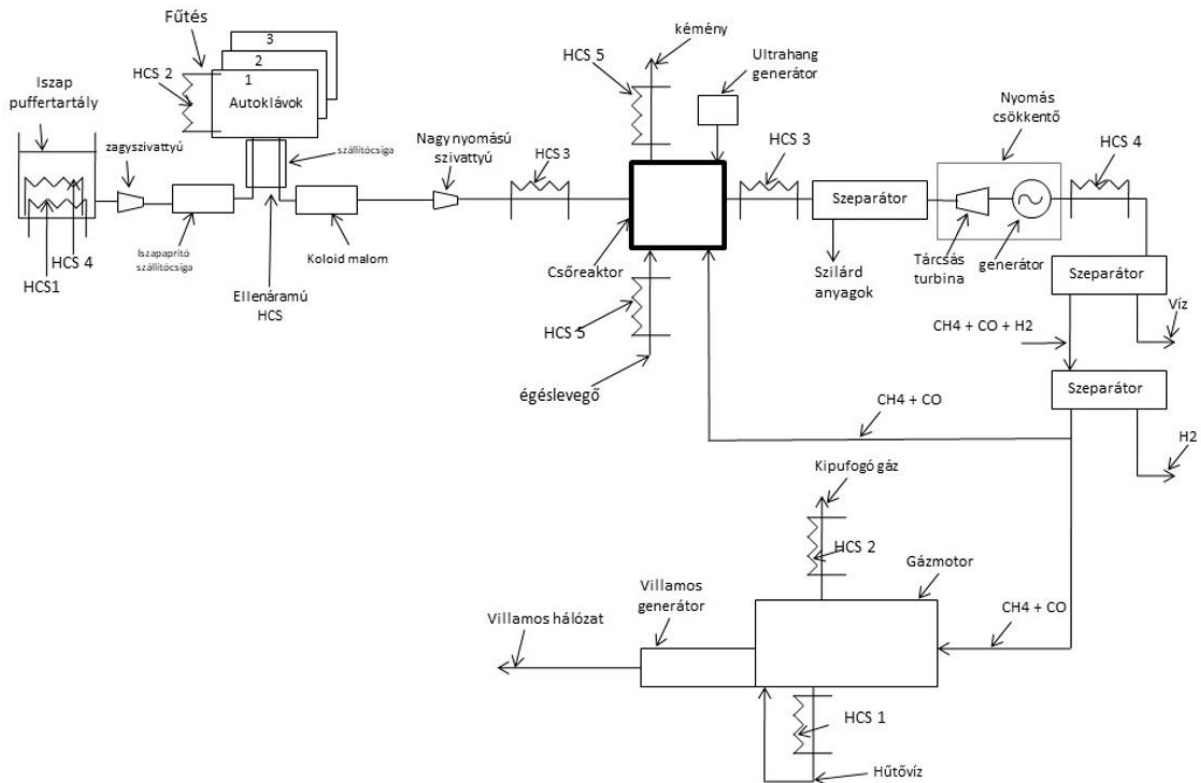
A felsorolt gyakorlati tapasztalatok egyben jelzik a KIT pilot technológia hiányosságait, és egyértelművé teszik a fenti hiányosságok kiküszöbölése érdekében megoldandó feladatokat. A cikkben bemutatott berendezés és eljárás (a módosított SCWG technológia) a fenti hiányosságokat megszünteti. Stabil üzemű, energiahatékony szennyvíziszap feldolgozást tesz lehetővé, ami eredményezheti a jelen technológia és gyors piaci térhódítását, használatának széles körben történő elterjedését.

A MÓDOSÍTOTT SCWG TECHNOLÓGIA FELÉPÍTÉSE, MŰKÖDÉSE

A 3. ábrán látható módosított SCWG technológia felépítése, melynek működése a következő: a szennyvíziszapot előkészítjük (aprítjuk, előmelegítjük), majd azt 8-10 bar nyomás mellett, 170-190 °C-os hőmérsékleten főzzük félórán keresztül autoklávban. A három autokláv közül az egyik tölt, a másik főz, a harmadik ürít, folyamatosan cserélve ezeket a funkciókat. Ezt követően, a főzött iszapot koloid malomban homogenizáljuk, majd nagynyomású szivattyúval azt szuperkritikus üzemű csőreaktorba juttatjuk. A benne keletkező generátorgázzal működtetett gázfűtésű csőreaktor reaktorcsöveinek hossza a szennyvíziszap teljes

elgázosodásához szükséges reakcióidő (3,5-4 perc) alapján kerül meghatározásra. A csőreaktorból kilépő elegyet szeparátorok segítségével szétválasztjuk. A vizet, amely gyakorlatilag desztillált víz, ipari célra (pl. elektromos vízbontó tápvizeként, kazántápvízként stb.) vagy öntözésre használhatjuk, az inert szilárd részeket, miután kivontuk belőle a foszfor vegyületeket, az építőipar hasznosíthatja.

A generátorgáz metán és szénmonoxid tartalma gázmotorban használandó fel, melynek segítségével hálózatra adható villamos áram-, és kapcsoltan hő termelhető, amely hőt a technológiában hasznosítunk, emelve ezáltal a feldolgozás hatásfokát.



3. ábra SCWG technológia folyamatábrája
Figure 3. Flowchart of SCWG technology

A generátorgáz hidrogéntartalma elsősorban széndioxid-metanizációra használható, vagy mint megújuló „zöld” hidrogén, üzemanyag cellákban és közlekedési célú hidrogéngáz hálózatokban hasznosítható. Ez a folyamat, a szuperkritikus csőreaktor üzemét támogató HCS 3 és HCS 5 hőcserélőknek-, valamint a gázmotor hőenergiája iszap-előkészítési folyamatban történő hasznosításának-, és a nyomási energiát hasznosító tárcsás turbínának köszönhetően, jó hatásfokkal üzemel – energetikai hatásfoka jelentősen meghaladja a jelenlegi rendszerek hatásfokát.

A szennyvíziszap előkészítésének fenti módja szükségtelenné teszi, hogy a víztelenített, de mégis 80% körüli nedvességtartalmú, „földnedves” állapotú szennyvíziszaphoz további vizet kelljen adni, szükségtelenné teszi annak 91-93% nedvességtartalmúra való felhígítását, szivattyúzhatóvá tétele érdekében. Az előfűtős, elő-aprító majd nyomás alatti felfőzésnek (a kötött-víz kiszabadításának és részbeni víztelenítésének) köszönhetően, az így keletkező 58-63% nedvességtartalmú szennyvíziszap, kiválóan szivattyúzhatóvá válik. A 60% körüli víz/száranyag arány (a 90% körüli vízarányhoz képest) nagyban hozzájárul a feldolgozás energiahatékonyságához azzal, hogy ciklusonként (ugyanazzal a hőenergia-mennyiséggel) mintegy négyszer annyi száranyagot gázosít el.

Az ellenáramú hőcserélő szerepét is betöltő szállítócsiga-, a hőszigetelt fűtő gőz-köpennyel, viszonylag olcsó kivitelűvé és energiahatékonyá teszi a nyomás alatti főzés folyamatát. A szennyvíziszap nyomás alatti felfőzését követő ürítése során, a gőzzel együtt távozik az elegy (főtt iszap és víz) oxigén tartalma is, ami az elgázosítás során a generátor gázok között keletkező CO₂ mennyiségét elhanyagolhatóvá teszi – jobb minőségű generátorgázt eredményez. A csőreaktor, szerkezetének köszönhetően kiemelkedően magas (90 % feletti) hatásfokú, mind az energetikai hatásfokát-, mind pedig az átalakítás (elgázosítás) hatásfokát tekintve. A csőreaktor magas üzembiztonságú, amit elsősorban az ultrahang teljesítmény-generátornak és a reaktor-csőveken megfelelően

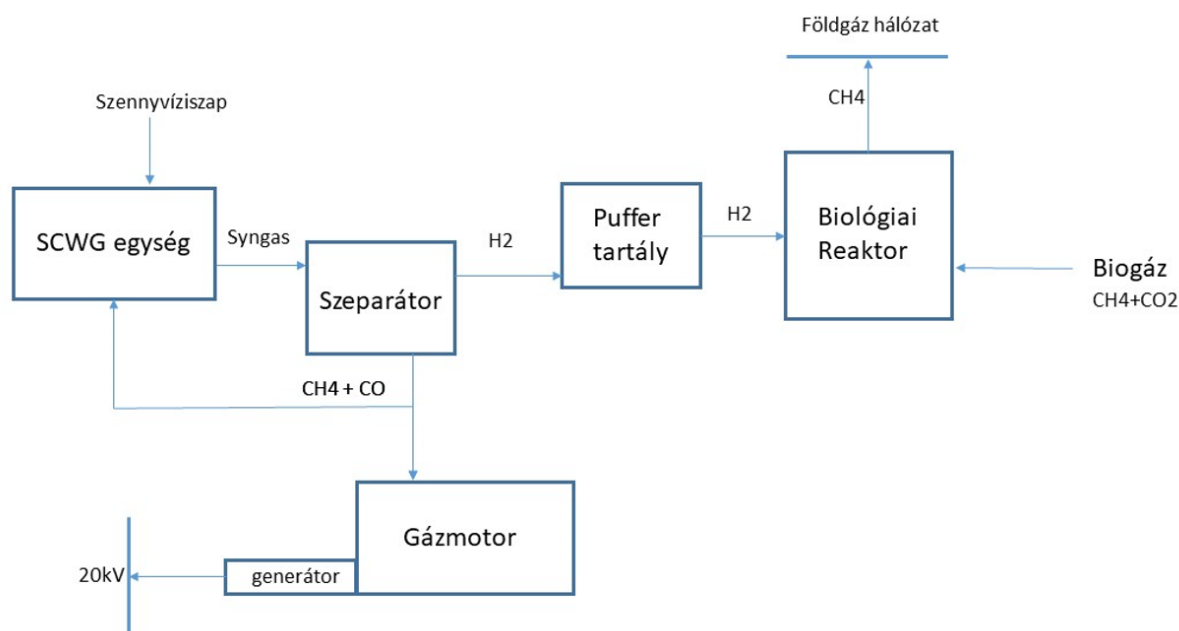
elhelyezett rezgőfejeknek köszönhetünk. A rezgőfejek megakadályozzák az elegyben lévő szervesen sók kiválását. Nem csak a csőrektor tisztántartását és a dugulások elkerülését biztosítják, de hozzájárulnak az elgázosítás hatásfokának emeléséhez, a hasznosított összes anyag magas értékének eléréséhez is. A csőreaktorból kilépő szuperkritikus elegy nyomási energiájának tárcsás turbinában történő hasznosítása tovább emeli a berendezés és az eljárás energetikai összhatásfokát.

A hidrogén leválasztása és széndioxid-metanizációra történő hasznosítása mellett a visszamaradó metán plusz szénmonoxid gázmotorban való hasznosítása-, a gázmotor hulladékhőjének technológiai folyamatban HCS 1 és HCS 2 hőcserélők által történő felhasználásának köszönhetően, jelentősen javítja az eljárás pénzügyi, gazdasági paramétereit is.

A jó hatások, az egyenlő a környezetvédelemmel, melynek eredménye anyag-, és energia takarékoság, valamint emisszió csökkenés. De a jó hatásfokot azért is fontosnak tartjuk, mert a szennyvíziszap, mint jelentős mennyiségű, kiszámíthatóan rendelkezésre álló megújuló energiaforrás, egyik alapja lehet a tervezhető menetrendű, Power to Gas (P2G) alapú, decentralizált villamosenergia termelésnek, és a zöld hidrogén-gazdaság megteremtésének is.

Az SCWG integrálása a biogáz üzemek rendszerébe.

A fentebb ismertetett SCWG technológia biogáz üzemek rendszerébe történő integrálása viszonylag egyszerű feladat (lásd 4. sz. ábra).



4. ábra
Figure 4.

Az integráláshoz szükséges elemek, a szeperator, puffertartály és a biológiai reaktor ismert, kiforrott berendezések. A BioCat reaktor, mint a P2G, illetve P2M (metán) technológia meghatározó eleme, már érett technológia (Andrew Lochbrunner és társai 2019, Jan Liebetau és társai 2020, Laurent Lardon 2017, Laurent Lardon és társai 2020). A technológia Magyarországi képviselője a Power to Gas Hungary Kft (lásd www.p2g.hu).

A kötet külön cikkben mutatja be a szennyvíz karbonlábnomának csökkentését és energetikai hasznosítását célzó P2G technológiát: *Körkörös gazdaságfejlesztési és dekarbonizációs lehetőségek a power-to-gas technológia magyar szennyvíztisztító telepeken való alkalmazásával* (Zavarkó, M., Csedő, Z., 2021)

Az integrált SCWG+BioCat rendszertől várható előnyök, szinergiák.

A rothasztott szennyvíziszap még mintegy a felét tartalmazza a rothasztóba kerülő vegyesiszap eredeti energia-tartalmának. Ennek az energiának, kapacitástól függően, a 70-75%-át tudja a SCWG technológia generátorgázként (syngas) kiadni, azaz az SCWG gyakorlatilag megkétszerezheti a biogázt hasznosító szennyvíztelepek energiatermelését.

A magas (50-60% körüli) hidrogén-tartalmú syngas alkalmas a biogáz széndioxid tartalma jelentős részének biometánná történő alakítására és ezzel a szennyvíztelep fajlagos széndioxid kibocsájtásának csökkentésére.

Mivel az SCWG által generált hidrogén segítségével a biogáz széndioxid tartalmából metán keletkezik, így a biogáz teljes egészében földgáz hálózatba táplálhatóvá (97% feletti metántartalmúvá) válik, ezért a meglévő gázmotor kapacitása elegendő a SCWG technológia syngas-a fennmaradó (CH₄ + CO) részének villamos energiává alakítására (Ruth Schlautmann és társai 2021, Manuel BAILERA és társai 2015).

Amikor a szennyvíztelep által termelt energia megduplázásáról beszélünk, akkor ez alatt azt értjük, hogy változatlan mennyiségű villamos-, és hőenergia előállítás mellett még előállítunk legalább ilyen mennyiségű energiataralommal rendelkező biometánt is, amelyet a földgáz hálózatba táplálunk.

A rothasztott iszap SCWG feldolgozása lehetővé teszi a foszfor vegyületek kivonását a csőreaktorból kikerülő zagyból. A rothasztott iszap SCWG feldolgozása nagymértékben lecsökkenti az elszállítandó, lerakandó szilárdanyag mennyiségét. A SCWG technológia biogáz üzemekbe való integrálása, a károsanyag emisszió lecsökkenése mellett, közelebb vihet a körkörös gazdaság megvalósításához is.

Az integrált SCWG+BioCat rendszer továbbfejlesztése

Az integrált SCWG+BioCat technológia széleskörű bevezetése előtt egy ipari méretű pilot üzem létesül, melynek segítségével az alábbi K+F+I célok és feladatok oldhatók meg:

- A technológia egyes berendezései konstrukciós méreteinek-, valamint üzemi paramétereiknek optimalizálása.
- A syngas optimális összetételének kialakítása, a célszerű katalizátorok meghatározása.
- A BioCat reaktor üzemének vizsgálata magas CH₄ tartalmú CO₂ és H₂ gázok esetén; a H₂ „szennyezői” (pl. CO) lehetséges maximumának meghatározása;
- A BioCat reaktor méreteinek, üzemi paramétereinek stb. kialakítása, optimalizálása;
- A mérési eredmények dokumentálása és validálása;
- A SCWG+BioCat technológia együttes működési hatékonyságának, valamint termikus és villamos hatásfokának verifikálása független szervezetek (TÜV, SGS stb.) által;

A tervezett pilot üzem javasolt mérete, kapacitása.

A kísérletek és mérések végső célja: megbízható tervezési adatok nyerése egy gazdaságilag optimális technológia és berendezés-család kialakításához, a jövőbeni tervezési feladatok gépesítéséhez, automatizálásához.

Javasolt feldolgozó kapacitás: 1 t/h bemenő szennyvíziszap. Ez a minimálisan szükséges és egyben elegendő teljesítmény a leendő pilot üzem számára. Rothasztott iszap esetén: 11,6 GJ/t száraz anyag*20% = 2,32 GJ/t, energiataralommal számolhatunk, 80% nedvességtartalmú iszapra vetítve. A 2.320 MJ/t, 70% termikus hatásfok mellett = 1.624 MJ energiataralmú syngas-t jelent = 451 kWth.

Amennyiben a syngas energia-tartalmának mintegy a felét hidrogén teszi ki, amiből földgáz hálózatba táplálható biometánt állítunk elő, a lehetséges villamos teljesítmény 90 kWe nagyságú lehet. Az ennél kisebb teljesítményű technológia berendezései (magasnyomású szivattyú stb.) már nehezen, vagy egyáltalán nem érhetőek el, a csőreaktor reaktor-csőveinek belső átmérője, a szükséges áramlási sebességek mellett, már túl kis-méretűre adódnának; illetve a keletkező hidrogén mennyisége már kevés lehet a fél-ipari nagyságú BioCat kísérletek végzéséhez.

A SCWG TECHNOLÓGIA BEVEZETÉSÉNEK VÁRHATÓ GAZDASÁGI HATÁSAI:

A SCWG technológia széleskörű bevezetése gazdasági hatásainak korrekt számszerűsítése meghaladja ennek cikknek a kereteit. Itt csak arra vállalkozhatok, hogy számba veszem a várható legfontosabb hatásokat:

- Magyarországon mintegy 21 db, 80 ezer LE felett szennyvíztelepen célszerű bevezetni az SCWG technológiát, integrálva azt az ott működő biogáz üzemekkel.
- Óvatos becslés szerint, ez a 21 üzem az összes magyarországi iszapmennyiség mintegy 40%-át dolgozza fel, ami kb. 100 ezer t_{sza}/év mennyiséget jelent (*Szennyvíziszap stratégia 2014 -2023*).
- Ez mintegy 11 MWe beépített villamos összteljesítményt tesz lehetővé és 84.360 MWh megtermelhető villamos energiát jelent, valamint ezzel párhuzamosan közel 90 ezer MWh hőenergia megtermelésének és hasznosításának a lehetőségét is jelenti.
- Ezen energia-mennyiségek jelentős része ma széndioxidként és metánként a légkörbe jutva, üveghatású gázként szennyezi a környezetet. Ez is gazdasági hatás (negatív) amelynek számszerűsítése szintén meghaladja a jelen cikk kereteit.
- Ezek a telepek, amennyiben a megtermelt többlet-energiát (biometánt) helyben használják fel, önellátóak lehetnek villamos energiából, ami jelenleg az üzemeltetési költségeik 60-70%-át teszi ki.

- Amennyiben a telepek, az általuk megtermelt biometánt a földgáz hálózatba táplálják, annak mennyisége 31,4 millió Nm³ lehet, ami ugyanekkora mennyiségű földgáz importjának kiváltását jelenthetné.
- Ha csak az Európai Unióra tekintünk ki, akkor is a fenti számok 50-szereséről beszélhetünk, ami egyfelől környezeti probléma, másfelől komoly piaci lehetőséget jelent.
- A jelen technológia széleskörű bevezetésének kiemelkedő gazdasági hatása főleg a technológia és berendezései exportjától várható, a hazai bevezetést követően.

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban zajlik a körforgásos gazdaság térnyerése mely hozzájárul az Európai Zöld Megállapodás (European Green Deal) megvalósításához, vagyis ahhoz a célhoz, hogy Európa 2050-re a világ első klímasemleges kontinensévé váljon. (*European Policy Center 2020*)

A módosított SCWG technológia megvalósítása és annak a biogáz üzemekbe való integrálása, teljesen megfelel az Európai Zöld Megállapodás céljainak. Az SCWG technológia termikus és villamos hatásfoka mintegy 100%-kal haladja meg a modern ORC (Organic Rankine Cycle, zárt hurkú termodinamikai cikluson alapuló rendszer elektromos és hőenergia előállítására) alapú égetéssel technológiák ilyen irányú számait, valamint azon túlmutatón, jelentős mértékű pozitív környezeti és gazdasági hatása várható.

IRODALOM JEGYZÉK

European Policy Center (2020) The digital circular economy, A driver for the European Green Deal https://www.epc.eu/content/PDF/2020/DRCE_-_Executive_summary1.pdf

Zavarkó, M., Csedő, Z., (2021) Körkörös gazdaságfejlesztési és dekarbonizációs lehetőségek a power-to-gas technológia magyar szennyvíztisztító telepeken való alkalmazásával Hidrológiai Közlemény, megjelenés alatt

Szennyvíziszap kezelési és hasznosítási stratégia 2014 -2023

Dr. N. Boukis és társai (2016) Gasification of Dutch sewage sludge in supercritical water commissioned by STOWA / NL STOWA Project number DQL 432.601 Final Report

Cataldo De Blasio és társai (2019) An Assessment of Operating Conditions for Supercritical Water Gasification and Safety Issues Cataldo De Blasio^{1*}, Mauro Prestipino², Antonio Galvagno², Margareta Björklund-Sänkiaho

Apip Amrullah és társai (2017) Supercritical water gasification of sewage sludge in continuous reactor

Hooman Farzaneh (2019) Design of a Hybrid Renewable Energy System Based on Supercritical Water Gasification of Biomass for Off-Grid Power Supply in Fukushima

Michael Jerry Antal, Jr. és társai (2000) Biomass Gasification in Supercritical Water

Brian R. Pinkard és társai (2019) Supercritical Water Gasification: Practical Design Strategies and Operational Challenges for Lab-Scale, Continuous Flow Reactors

F. Safari és társai (2016) Gasification of sugarcane bagasse in supercritical water media for combined hydrogen and power production: a novel approach

Igor Pioro és társai (2011) Thermophysical Properties at Critical and Supercritical Conditions Igor Pioro and Sarah Mokry University of Ontario Institute of Technology Canada

Hujber Ottó, Dr. Poós Tibor (2021) Berendezés és eljárás veszélyes hulladékok szuperkritikus-vizes oxidációval történő energiahatékony megsemmisítésére, EMT Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, XXIX. Nemzetközi Gépészeti Konferencia (OGÉT 2021)

Igor Pioro és Sarah Mokry (2011) Heat Transfer to Fluids at Supercritical Pressures Igor Pioro and Sarah Mokry University of Ontario Institute of Technology Canada

Rohit Gaikwad és társai (2020) Container-Sized CO₂ to Methane: Design, Construction and Catalytic Tests Using Raw Biogas to Biomethane Rohit

Andrew Lochbrunner és társai (2019) Innovative large-scale energy storage technologies and Power-to-Gas concepts after optimisation PtG demonstration plant Solothurn commissioned

Jan Liebetrau és társai (2020) Integration of biogas systems into the energy system, technical aspects of flexible plant operation IEA Bioenergy: Task 37

Laurent Lardon (2017) BioCat – Power to Gas technology by Biological methanation; Integration to a resource treatment plant.

Laurent Lardon és társai (2020) WP3 – Biogas valorization and efficient energy management D 3.2: Technical and economic analysis of biological methanation.

Ruth Schlautmann és társai (2021) Renewable Power-to-Gas: A Technical and Economic Evaluation of Three Demo Sites Within the STORE&GO Project

Manuel BAILERA és társai (2015) Power to Gas projects review: Lab, pilot and demo plants for storing renewable energy and CO₂

Zoltán Csedő, Botond Sinóros-Szabó és Máté Zavarkó (2021) Seasonal Energy Storage Potential Assessment of WWTPs with Power-to-Methane Technology

SZERZŐ



Hujber Ottó okl. villamos mérnök (Moszkvai Energetikai Egyetem, 1979, Summa Cum Laude), a Coopinter Kft. fejlesztési igazgatójaként a nedves biomassák hasznosítási lehetőségeivel foglalkozik. Fő kutatási és fejlesztési területe a szuperkritikus vizek ipari hasznosítása, kiemelt tekintettel a szuperkritikus vizes oxidációs-, (SCWO) és a szuperkritikus vizes elgázosítási (SCWG) technológiákra.