

El volum de residus sòlids urbans (RSU) i aigües residuals urbanes (ARU) augmenta dràsticament a nivell mundial per l'augment de població i d'activitats en les àrees urbanes. La contaminació de l'aigua i l'excessiva producció de residus, que al seu torn comporta l'escassetat de recursos naturals, precisa d'innovacions en el tractament dels residus. Aquestes innovacions s'han de sustentar sobre les bases d'un nou paradigma: d'una filosofia de gestió de residus a una filosofia de gestió de recursos. A través de la recuperació de materials i d'energia, es considera que els residus són un recurs que poden i han d'aprofitar-se, sent aquest el concepte de la valorització.

Aquesta Tesi Doctoral té com a objectiu principal estudiar el tractament conjunt de les aigües residuals urbanes (ARU) i la fracció orgànica dels RSU (FORSU), unint els tractaments per a la seua valorització energètica. En concret, s'avalua la viabilitat del tractament conjunt mitjançant la tecnologia AnMBR (Anaerobic Membrane BioReactor), obtenint com a producte el biogàs, ric en metà, que pot ser utilitzat en motors de combustió per a la producció d'electricitat. Així, es va realitzar una caracterització exhaustiva de la FORSU, i mitjançant un muntatge experimental amb un triturador de residus de menjar (TR) es va incorporar la FORSU a una planta pilot AnMBR, en la qual es va realitzar un estudi experimental a nivell biològic i un estudi de viabilitat econòmica. La planta pilot es situa en la EDAR del Carraixet (Alboraia, València) i s'alimenta amb l'efluent del desarenador i la fracció orgànica dels residus produïts en els restaurants de la Universitat Politècnica de València.

L'ús de TR en els domicilis suposa un consum extra d'aigua poc significatiu (de l'1,9%, segons el present estudi). La caracterització físic-química de la FORSU posa de manifest una elevada concentració de matèria orgànica (mesurada com a DQO) de la FORSU ($59400 \pm 14000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), cent vegades major respecte dels valors mitjans de ARU que s'introdueixen en la planta pilot AnMBR o d'un ARU típica. Per aquest motiu, s'espera un notable augment de la producció de biogàs. A més, la concentració de sulfat, es manté en uns rangs de concentració similars als del ARU, de manera que la relació $\text{DQO}/\text{S}-\text{SO}_4$ augmenta, afavorint a les *Archaea* metagèniques (AM) en la seua competició pel substrat disponible contra els bacteris reductors de sulfat. La concentració de nitrogen total és quasi el doble de la del ARU afluent i 10 vegades major en el cas del fòsfor total.

En l'estudi de distribució de grandària de partícules, es reflecteix que només el 13% de les partícules s'eliminaran després d'un pretractament restrictiu, com és el tamisat per 0,5 mm. Per tant, la major part de la matèria orgànica pansa a través del procés de tamisat i aconsegueix el reactor anaerobi per a la seua valorització. La biodegradabilitat anaeròbia de la FORSU, obtinguda a partir d'assajos de BMP, és del $72 \pm 3\%$.

Durant l'operació desenvolupada a escala de planta pilot, per un període de 536 dies, s'estudien sis períodes diferents modificant el temps de retenció cel·lular (TRC) i el factor de penetració (FP) de la FORSU. S'observa que l'addició de la FORSU no afecta l'estabilitat del procés, com demostra l'absència de AGV en l'efluent i la baixa relació d'alcalinitat.

L'aportació de DQO a causa de l'addició de la FORSU implica un notable increment de la càrrega orgànica en l'entrada al reactor AnMBR. La proporció de FORSU respecte al cabal total (1,1 %) provoca un efecte de dilució que fa que l'aportació de nutrients per part dels residus pràcticament no s'aprecie. Així, la relació $\text{DQO}/\text{S}-\text{SO}_4$ es veu incrementada de 5,1 en el Període 1 (TRC de 40 dies i 0% de FP) a 8,0 en el Període 5 (TRC de 70 dies i 80% de FP).

La producció de metà durant el tractament conjunt és notablement major que en els períodes on només es tracta ARU (Períodes 1 i 6), aconseguint un increment de quasi un 200% quan es treballa amb un FP del 80% en el Període 5 respecte a la producció en el Període 1. En general, la producció de metà és major com més gran és el TRC. Amb un mateix FP del 40%, s'aconsegueix una major producció en el Període 4, amb 70 dies de TRC ($114,9 \text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}$ DQO eliminada) que en el Període 2, amb 40 dies ($80,4 \text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}$ DQO eliminada). No obstant açò, la producció en el Període 3, operat sense porga de fang, és solament un 5% major que l'obtinguda a TRC de 70 dies, mentre que la concentració de sòlids en el reactor en el Període 3 doblega la concentració del Període 4 ($28943 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ i $15484 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, respectivament), la qual cosa suggereix que TRCs superiors a 70 dies no suposen un increment significatiu en la producció de biogàs. D'altra banda, en incrementar el FP de la FORSU al doble, s'observa un augment del 30% en la producció de metà i quasi d'un 200% en comparar amb el període previ al tractament conjunt.

L'efluent obtingut és ric en nutrients, i, gràcies a l'efecte de les membranes, no hi ha presència de sòlids suspesos o patògens, dotant a l'efluent d'una gran qualitat, per la qual cosa pot ser utilitzat com a aigua de reg. A més, es van complir els límits d'abocament de DQO durant tot l'experiment.

La incorporació de la FORSU i l'increment del TRC provoquen un canvi poblacional en el reactor anaerobi per l'increment de població de bacteris encarregats de la hidròlisi i la fermentació i d'AM, traduint-se en una major biodegradabilitat de la matèria orgànica. Després del calibratge del model BNRM2, les simulacions realitzades confirmen aquesta major biodegradabilitat durant els períodes amb addició de la FORSU.

Durant els diferents períodes, l'embrutiment de les membranes va ser mínim, la pressió transmembrana (PTM) en el mòdul de membranes de $-0,131\pm 0,06$ bar està molt allunyada de la PTM límit ($-0,40$ bar). En l'estudi econòmic de l'operació, el menor cost es va donar en el Període 5 (amb TRC de 70 dies i 80% de FP), aconseguint un benefici a causa de la producció de biogàs de $0,022 \text{ €}\cdot\text{m}^{-3}$ tractat, enfront del cost del Període 1 (amb TRC de 40 dies i sense FORSU) de $0,039 \text{ €}\cdot\text{m}^{-3}$ tractat, sota condicions òptimes de filtració, demostrant que el tractament conjunt de la FORSU en un AnMBR redueix el cost d'operació.

La present Tesi Doctoral ha demostrat la viabilitat tècnic-econòmica del tractament conjunt d'aigües residuals i FORSU amb la tecnologia AnMBR i el gran interès d'aquest tractament com una opció de futur dins del concepte actual de transformar les estacions de tractament d'aigües residuals en estacions de recuperació de recursos.