

Kofermentácia kuchynských odpadov na komunálnych ČOV – dobrý nápad (?)

Dóra VARJÚOVÁ^a, Katarína ČEGIŇOVÁ^a, Miloslav DRTIL^a, Štefan SOJKA^b, Igor BODÍK^a

^aOddelenie environmentálneho inžinierstva, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovenská republika
e-mail: varjuovadora@gmail.com

^bBIONERGY, a.s., Prešovská 48, 826 09 Bratislava

Súhrn

Témou predkladanej práce je poukázať na pozitíva a negatíva kofermentácie kuchynských odpadov vo vyhnívacích nádržiach komunálnych ČOV. Primárnym cieľom procesu je zabezpečiť vhodné nakladanie s týmito odpadmi, ktoré je energeticky výhodné z hľadiska zvýšenej produkcie bioplynu. Na základe nami navrhnutých technologických a prevádzkových parametrov pre čistiareň odpadových vôd s celkovou kapacitou 90 000 ekvivalentných obyvateľov bol v programe MS Excel zostavený výpočtový program, ktorý popisuje vplyv prídavku kuchynských odpadov na vybrané parametre prevádzky vyhnívacej nádrže. V práci bol zároveň definovaný aj vplyv kuchynských odpadov na odtokové parametre na výstupe z čistiarne odpadových vôd, ktoré priamo ovplyvňujú ekonomickú bilanciu prevádzky.

Kľúčové slová: bioplyn, ČOV, kofermentácia, kuchynské odpady.

Úvod

Potravinové straty a plytvanie potravinami sú momentálne veľmi aktuálnou témou, v rámci ktorej prebiehajú diskusie na rôznych úrovniach. Plytvanie potravinami predstavuje viaceré špecifické výzvy a príležitosti pre spoločnosť, ako zabrániť neustálemu zhoršovaniu životného prostredia, keďže potraviny, ktoré nie sú skonzumované alebo inak využité, skončia ako odpad. Potravinové straty a plytvanie potravinami produkujú pomerne vysoký objem skleníkových plynov, ktoré negatívne pôsobia na životné podmienky na Zemi. Odpad z potravín vzniká v rámci celého potravinového reťazca – počas výroby a distribúcie, v obchodoch, v zariadeniach spoločného stravovania a aj v domácnostiach. Podľa správy Organizácie OSN pre výživu a poľnohospodárstvo sa každý rok na celom svete nevyužije asi 1,3 miliardy ton potravín, čo predstavuje približne jednu tretinu potravín vyrobených na ľudskú spotrebu¹. Organizácia OSN pre výživu a poľnohospodárstvo dokonca predpokladá, že do roku 2025 sa na celom svete vytvorí približne 2,2 miliardy ton potravinového odpadu, čo si bude vyžadovať špecifické postupy nakladania s týmto odpadom². V Európskej únii sa celkovo vyprodukuje približne 88 až 89 miliónov ton potravinového odpadu ročne, čo po prepočte na jedného obyvateľa predstavuje 173 až 179 kilogramov odpadu ročne¹. Plytvanie potravinami je teda celosvetový problém, ktorý neobchádza ani Slovensko. Na Slovensku sa ročne vyprodukuje približne 590 tisíc ton potravinového odpadu, čo predstavuje asi 108 kg odpadu na jedného obyvateľa³.

Definícia kuchynského odpadu podľa článku 2 Vykonávacieho nariadenia EÚ č. 142/2011 znie nasledovne: „kuchynský odpad je všetok potravinový odpad vrátane použitého kuchynského oleja, ktorý vzniká v reštauráciách, stravovacích zariadeniach a kuchyniach, vrátane kuchýň v spoločných stravovacích zariadeniach a kuchýň v domácnostiach“. Kuchynský odpad teda tvoria napríklad nespracované zostatky surovín, pokrmov alebo potravín rastlinného a živočíšneho pôvodu, ako aj šupky z čistenia zeleniny a ovocia, zvyšky z kávy a čaju, potraviny po záruke alebo potraviny inak znehodnotené⁴. Z pohľadu zákona o odpadoch sa kuchynský odpad zaraďuje pod katalógové číslo 20 01 08 – biologicky rozložiteľný kuchynský a reštauračný odpad⁵.

Od 1. januára 2021 majú samosprávy na Slovensku povinnosť podľa § 81 zákona o odpadoch zabezpečiť separovanie kuchynského odpadu (KO)⁶. Cieľom je dosiahnuť recykláciu komunálneho odpadu na úrovni 55 % do roku 2025. Aké sú však možnosti zhodnocovania tohto druhu odpadov? Skládkovanie a spaľovanie sa považujú za neprípustné spôsoby nakladania z dôvodu vzniku priesakových vôd, zaberania pôdy, emisií skleníkových plynov, nízkej výhrevnosti a vysokého rizika emisií znečisťujúcich látok⁷. Kompostovanie je jeden z environmentálne najčastejších spôsobov materiálového zhodnocovania organických odpadov, ktorý pri nesprávnej prevádzke produkuje aj emisie metánu a je energeticky nevýhodný⁸. Práve z toho dôvodu sa postupne upúšťa od kompostovania a prechádza sa na technológie spojené s energetickým ziskom z odpadu, ako je napríklad anaeróbny rozklad. Je to mikrobiálny proces, počas ktorého sa organický materiál rozkladá za vzniku bioplynu (t.j. metánu a oxidu uhličitého)⁹.

Zatiaľ čo tradičné zameranie používania anaeróbnej fermentácie na komunálnych ČOV bolo na stabilizáciu kalu a zníženie jeho množstva, postupne došlo k optimalizácii procesu s cieľom maximalizovať produkciu bioplynu (BP) na výrobu energie. Zistilo sa, že kofermentácia substrátu bohatého na uhlík (akým je napríklad aj kuchynský odpad) s čistiarenským kalom môže zvýšiť výťažok metánu predovšetkým zvýšením organického zaťaženia, ale aj prostredníctvom synergických efektov^{10,11,12,13}. To viedlo k veľkému množstvu odborných prác o vplyve rôznych kosubstrátov (kuchynský odpad, odpad z bitúnkov, masné oleje a tuky, mliečne výrobky a ďalšie iné), ktoré sú spoločne fermentované s čistiarenským kalom⁹. Z nich je KO špecificky zaujímavý z dôvodu vysokého obsahu uhlíka, vysokej biologickej rozložiteľnosti a požiadavky na jeho odklon od skládok¹⁴. Bežnú charakteristiku zloženia KO opisuje tabuľka 1.

Tabuľka 1: Základné charakteristiky kuchynských odpadov¹⁵

Parameter	Hodnota	Jednotka
Podiel sušiny	24	%
Podiel organických látok	90	% sušiny
N	31	g/kg tuhých látok
P	4	g/kg tuhých látok
C	52	% organických látok
H	6,9	% organických látok

Využitie KO ako kosubstrátov v procese anaeróbnej fermentácie nie je vo svete žiadnou novinkou a mnohé prevádzky čistiarní odpadových vôd zaznamenali výrazný nárast produkcie bioplynu. Napríklad na ČOV Grüneck v Nemecku sa produkcia BP navýšila o 27 %, ďalšia ČOV Garching an der Alz, taktiež v Nemecku, zaznamenala až 103 %-ný nárast produkcie BP. Na ČOV Rovereto v Taliansku bolo vyprodukovaný o 106 % viac BP^{10,16}.

Napriek pozitívnym skúsenostiam zo sveta, nie je na Slovensku zatiaľ žiadna čistiareň odpadových vôd (ČOV), ktorá by reálne využívala kofermentáciu kuchynských odpadov a čistiarenského kalu, ktorý vzniká v procese čistenia odpadových vôd. Veľký počet prevádzkovaných vyhnívacích nádrží (VN) nie je využívaných v celom svojom kapacitnom rozsahu a prídavok už len malého množstva KO v porovnaní so surovým kalom by mohol výrazne ovplyvniť produkciu bioplynu v pozitívnom smere. Sú tu však aj negatívne faktory, ktoré v rozhodovacom procese zohrávajú dôležitú úlohu, ako napr. organizácia zvozu KO, potreba ich hygienizácie a pod.

Cieľom tejto štúdie je teda poukázať na možnosť využitia kuchynských odpadov ako substrátu vhodného pre kofermentáciu na ČOV, pri ktorej dochádza k zhodnocovaniu odpadov s využitím maximálneho množstva energie, ale zároveň aj poukázať na možné riziká spojené s dávkovaním KO do procesu fermentácie na ČOV.

Výpočtová časť

Pomocou nami vytvoreného výpočtového programu v programe MS Excel zadefinujeme vplyv prídavku kosubstrátu na rôzne technologické parametre, napríklad na látkové zaťaženie VN, zdržnú dobu, produkciu kalu a bioplynu. Taktiež je potrebné určiť vplyv prídavku kosubstrátu na ČOV z hľadiska chemickej spotreby kyslíka (CHSK) a dusíka (N_{cel}) v kalovej vode a na odtoku z ČOV. Ďalej našou snahou je zadefinovať ekonomickú bilanciu dosiahnutú kogeneráciou vyprodukovaného BP a jej dopad na ekonomickú bilanciu procesu čistenia odpadových vôd. Pre tieto účely budeme v práci uvažovať o hypotetickej ČOV s celkovou kapacitou 90 000 ekvivalentných obyvateľov (EO). Základné prevádzkové a technologické parametre našej ČOV použité na vzorový výpočet sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Základné prevádzkové a technologické parametre ČOV

Parameter	Hodnota	Jednotka
Pripojený počet EO	90 000	-
Denný prietok OV	24 000	m ³ /deň
CHSK – prítok	750	mg/l
N_{cel} – prítok	64	mg/l
Objem VN	6 000	m ³
Objem spracovaného surového kalu vo VN	250	m ³ /deň
Koncentrácia surového kalu	3,5	%
Množstvo surového kalu na vstupe do VN	8 750	kg CL/deň ^a
Organický podiel v surovom kale	75	%
Množstvo organického surového kalu na vstupe do VN	6 563	kg oCL/deň ^b
Produkcia BP	3 100	m ³ /deň
Podiel metánu v BP	65	%
CHSK – odtok	20	mg/l
N_{cel} – odtok	7,5	mg/l

V tejto štúdii sme uvažovali s viacerými zovšeobecňujúcimi predpokladmi a taktiež sme použili rôzne zjednodušenia. Kuchynské odpady budú pravdepodobne zbierané počas pracovných dní zbernými vozidlami. Po príchode vozidiel na ČOV je potrebné privezené odpady mechanicky upraviť s cieľom dosiahnuť požadované rozmery odpadov (t.j. max. 12 mm). Nasledujúcim krokom spracovania je hygienizácia odpadov v termickom reaktore. Spracovávaná homogenizovaná surovina musí v hygienizačnej jednotke dosiahnuť teplotu 70 °C počas 60 minút¹⁷. Z toho vyplýva, že reaktor v ktorom prebieha pasterizácia/hygienizácia odpadov musí byť ohrievaný, teda spotrebuje určitú energiu, čo môže znížiť „výťažky“ energie zo zvýšenej produkcie BP. Takto upravené odpady je možné potom dávkovať do vyhnívacích nádrží priebežne – počas 365 dní alebo v určitých časových obdobiach v závislosti od efektivity zberu KO. Avšak zo skúseností prevádzok VN na ČOV je najvýhodnejšie zabezpečiť rovnomerné dodávanie kuchynských odpadov. Rozhodnutie však zostáva na samotnej prevádzke resp. prevádzkovateľovi ako bude prevádzkovaný drviaci, hygienizačný reaktor a samotný zber, zvoz a dávkovanie odpadov.

Výsledky a diskusia

Vo výpočtoch budeme uvažovať, že v meste, v ktorom sa bude realizovať zber kuchynských odpadov žije 80 000 obyvateľov. Pri predpoklade, že sa na jedného obyvateľa vyzbiera 100 kg „surových“ kuchynských odpadov za rok, pre toto mesto by to číselne znamenalo 8 000 ton vyzbieraných odpadov ročne. Dávkovanie KO do reakčného systému bude zabezpečené počas 365-tich dní, to znamená, že

^a Kilogram sušiny surového kalu za deň

^b Kilogram organickej sušiny surového kalu za deň

denne sa do VN okrem čistiarenskeho kalu dostane maximálne 21 917,8 kg KO. Na základe znalosti tohto cieľového množstva, ako aj z predpokladu, že efektívnosť zberu KO v meste bude postupne narastať počas niekoľkých rokov, zvolíme hranice množstva dávkovaných odpadov do reakčného systému, s minimom na úrovni 5 000 kg/deň a maximom s hodnotou 25 000 kg/deň. Zároveň, v zmysle dostupných literárnych údajov (Tabuľka 1), budeme uvažovať, že celková sušina KO sa môže pohybovať v širokom rozsahu 5 – 50 %, pričom organický podiel v sušine je asi 90 %, teda zjednodušene môžeme uvažovať, že organický podiel v KO (oCL) sa pohybuje takisto v rozsahu 5 – 50 % (presne 4,5 – 45 %).

Hľadanie maximálneho použiteľného množstva KO

V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 3) sa nachádzajú vypočítané percentuálne prídavky KO (kg) vzťahované na množstvo organického kalu (kg) aktuálne vstupujúceho do VN. Rešerš zahraničnej literatúry o prevádzkach VN na ČOV, ktoré využívajú kofermentáciu čistiarenskeho kalu a KO poukázala na skutočnosť, že prídavok KO do 40 % zo súčasného množstva kalu nespôsobuje významné technologické ani prevádzkové problémy na danej ČOV^{10,16}. Zeleno vyznačené hodnoty sú množstvá odpadov, ktoré tvoria prídavok do 40 % oCL a sú považované za bezpečné. Žltou farbou sú vyznačené mierne rizikové (sú v rozsahu 40 – 60 % oCL) a hodnoty zvýraznené červenou farbou sa považujú za vysoko rizikové, pretože už predstavujú podiel vyšší ako 60 % oCL k dennej dávke kalu.

Tabuľka 3: Výsledný podiel prídavku (%) KO k čistiarenskému kalu

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	4	8	11	15	19	%
10 %	8	15	23	30	38	
15 %	11	23	34	46	57	
20 %	15	30	46	61	76	
25 %	19	38	57	76	95	
30 %	23	46	69	91	114	
35 %	27	53	80	107	133	
40 %	30	61	91	122	152	
45 %	34	69	103	137	171	
50 %	38	76	114	152	190	

Z tabuľky 3 teda jasne vyplýva, že nízke podiely oCL v KO a menšie dávky KO sú vzhľadom na použitú technológiu na danej ČOV relatívne bezpečné, teda prevádzka by mala naďalej fungovať bez problémov, avšak pri podiele oCL vyššom ako 40 % a pri vyšších denných dávkach KO, sa môžu prejaviť rôzne riziká a problémy.

V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 4) je vypočítané zaťaženie VN pri rôznych dávkach KO a rôznych podieloch oCL. Pri výpočte sme uvažovali, že organické látkové množstvo v aktuálne dávkovanom surovom kale je rovné 6 563 kg/deň (Tabuľka 2). Vyhňivacie nádrže sú bežne prevádzkované pri zaťažení do 1,5 kg oCL/m³.deň, naša ČOV pracovala dlhodobo pri zaťažení okolo 1,1 kg oCL/m³.deň. V tabuľke sú zvýraznené rozsahy do 1,5 kg oCL/m³.deň považované za bezpečné. Pri hodnotách do 2 kg oCL/m³.deň by už mohlo dôjsť k technologickým problémom a zaťaženie nad 2 kg oCL/m³.deň je považované už za rizikové. Z výsledkov v tabuľke 4 je zrejmé, že prídavok kuchynských odpadov zvyšuje zaťaženie systému od 1,14 do 3,18 kg oCL/m³.deň. Zvýšenie zaťaženia je výhodné z dôvodu zvýšenia produkcie metánu, za predpokladu, že rozkladné procesy nie sú inhibované a systém nie je preťažený. Z tabuľky 4 teda vyplýva, že prídavok KO do hodnoty 1,5 kg oCL/m³.deň by nemal mať negatívny vplyv na stabilitu procesu a teda môžeme očakávať pozitívny vplyv na produkciu BP. Vyššie hodnoty zaťaženia už môžu pôsobiť negatívne na samotný proces vyhňívania a tak viesť k nedostatočnému rozkladu KO čoho následkom môžu byť rôzne technologické problémy v prevádzke (pokles pH, penenie, zvyšovanie CHSK v kalovej vode a pod.).

Tabuľka 4: Vplyv prídavku KO na zvyšovanie zaťaženia vyhnívacej nádrže (kg oCL/m³.deň)

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	1,14	1,18	1,22	1,26	1,30	kg oCL/m ³ .deň
10 %	1,18	1,26	1,34	1,43	1,51	
15 %	1,22	1,34	1,47	1,59	1,72	
20 %	1,26	1,43	1,59	1,76	1,93	
25 %	1,30	1,51	1,72	1,93	2,14	
30 %	1,34	1,59	1,84	2,09	2,34	
35 %	1,39	1,68	1,97	2,26	2,55	
40 %	1,43	1,76	2,09	2,43	2,76	
45 %	1,47	1,84	2,22	2,59	2,97	
50 %	1,51	1,93	2,34	2,76	3,18	

S narastajúcim prídavkom KO dochádza aj k postupnému skracovaniu zdržnej doby. Podľa STN 75 6401 minimálna doba zdržania vo VN by nemala klesnúť v závislosti od teploty pod 11 - 20 dní, prevádzkové skúsenosti však odporúčajú neklesnúť pod 20 dní. Zdržná doba v našej fiktívnej VN z pôvodných 24 dní klesla pri maximálnom množstve KO o necelé 3 dni. Treba však dodať, že vplyv na dobu zdržania má len množstvo KO a nie podiel oCL.

Je potrebné si však uvedomiť, že uvedené čísla sú len teoretickým odhadom, dávkovanie reálnych kuchynských odpadov môže priniesť jak pozitívnejšie, tak aj negatívnejšie hodnoty.

Výpočet produkcie kalu z dávkovaných KO

Súčasťou KO môžu byť aj ťažko rozložiteľné a inertné zložky, ktoré sa počas anaeróbnej fermentácie nerozložia, ale ostávajú prítomné vo VN resp. v kale, dôsledkom čoho sa zvyšuje produkcia kalu. Vo výpočte sme uvažovali s rozkladom KO na úrovni 90 %, 10 % zostáva v kale ako inertná látka. Z 90 % rozložených KO sa asi 85 % transformuje do bioplynu a zvyšných 5 % sa premení do novej anaeróbnej biomasy. Ďalej vo výpočte sme použili predpoklad, že sa na danej ČOV denne vyprodukuje 20 ton kalu, s percentuálnym obsahom sušiny po odvodnení 20 %, čo predstavuje približne 4 000 kg sušiny denne. V tabuľke 5 je červenou farbou zvýraznený nárast novoprodukovaného kalu o 25 % t.j. o 1 tonu sušiny denne navyše, čo už by mohlo za určitých okolností viesť k nedostatočným kapacitám napr. odvodňovacích zariadení, strojných systémov a pod.

Tabuľka 5: Zvýšenie množstva produkovaného kalu z pridaných KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	42	85	127	169	212	kg CL/deň
10 %	85	169	254	338	423	
15 %	127	254	381	508	635	
20 %	169	338	508	677	846	
25 %	212	423	635	846	1058	
30 %	254	508	762	1015	1269	
35 %	296	592	888	1185	1481	
40 %	338	677	1015	1354	1692	
45 %	381	762	1142	1523	1904	
50 %	423	846	1269	1692	2115	

Nesmieme však zabúdať ani na fakt, že aj tento novovzniknutý kal treba z prevádzky odviezť, je potrebné zabezpečiť jeho ďalšie spracovanie, čo môže zhoršiť ekonomickú bilanciu prídavku KO k čistiarenskému kalu.

Výpočet produkcie bioplynu z dávkovaných KO

Pre výpočet produkcie bioplynu z dávkovaných KO sme predpokladali, že 1 kilogram oCL z KO vyprodukuje asi 0,75 m³ bioplynu, pričom podiel metánu v BP je 65 %. Na našej „imaginárnej“ ČOV predpokladáme, že sa denne vyprodukovalo 3 100 m³ BP. V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 6) sú uvedené očakávané hodnoty prírastku BP z KO. Zelená oblasť predstavuje navýšenie produkcie BP do 50 % zo súčasnej dennej produkcie BP. Žltou je ohraničená oblasť do 100 percentného navýšenia produkcie a červenou farbou je zvýraznená oblasť, pri ktorej sa produkcia BP zvýši viac ako dvojnásobne. Už na prvý pohľad je zrejmé, že pri kofermentácii KO s čistiarenským kalom dochádza k produkcii veľkého množstva BP. Toto zvýšenie produkcie je zaujímavé hlavne z ekonomického hľadiska.

Tabuľka 6: Prírastok produkcie bioplynu z dávkovaných KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	188	375	563	750	938	m ³ /deň
10 %	375	750	1 125	1 500	1 875	
15 %	563	1 125	1 688	2 250	2 813	
20 %	750	1 500	2 250	3 000	3 750	
25 %	938	1 875	2 813	3 750	4 688	
30 %	1 125	2 250	3 375	4 500	5 625	
35 %	1 313	2 625	3 938	5 250	6 563	
40 %	1 500	3 000	4 500	6 000	7 500	
45 %	1 688	3 375	5 063	6 750	8 438	
50 %	1 875	3 750	5 625	7 500	9 375	

Pri tak výraznom zvýšení produkcie BP však nesmieme zabúdať ani na technické vybavenie prevádzky. Jedná sa hlavne o kapacitu plynových potrubí, čerpadiel, kapacitu kogeneračnej jednotky, a iné. Platí však, že navýšenie produkcie BP bez výrazných zmien do strojného vybavenia by mala prevádzka zvládnuť do 50 percentného navýšenia, teda v zelenej oblasti tabuľky. Pri navýšení nad 50 % je už funkčnosť technológie plynového hospodárstva otázná, preto sa odporúča vykonať jej kompletnú revíziu, aby sa predišlo možným problémom.

Výpočet ekonomickej bilancie z predaja vyrobenej energie

Bioplyn, ktorý vzniká v procese anaeróbného rozkladu je využívaný v kogeneračnej jednotke (KGJ), v ktorej sa realizuje kombinovaná výroba elektriny a tepla. Bežná účinnosť využitia BP v KGJ je na úrovni cca. 90 %. Podľa literatúry je možné z 1 m³ BP vyrobiť 6 kWh celkovej energie, z ktorej cca. 2 kWh predstavuje elektrickú a 4 kWh tepelnú energiu¹⁸. Vyrobená energia môže byť využitá v rámci administratívnych budov a prevádzky ČOV, prípadne môže byť dodávaná do distribučnej siete. Cena za každú dodanú MWh elektrickej energie bola pre prípad tejto štúdie stanovená na 100 eur s DPH. Zisk z predaja elektrickej energie sa pohybuje ročne od 10 000 do približne 616 000 eur (Tabuľka 7). Vo výpočte sme uvažovali s priamym dodávaním vyrobenej elektrickej energie do distribučnej siete.

Treba spomenúť, že sa jedná o príspevok iba z predaja elektrickej energie získanej z BP vyprodukovaného z KO, teda výsledný zisk by mohol byť ešte vyšší (v prípade predaja elektrickej energie vznikajúcej aj z čistiarenských kalov). Zvýšenie produkcie tepelnej energie zohráva v celkovej energetickej bilancii taktiež významnú úlohu, avšak v tejto štúdii sme tento podiel nebrali do úvahy. Nesmieme však zabúdať aj na výdavky spojené so zberom a zvozom KO, ktoré môžu znížiť zisk z predaja.

Tabuľka 7: Zisk z predaja elektrickej energie vyrobenej z KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	miliónov €/rok
10 %	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	
15 %	0,04	0,07	0,11	0,15	0,18	
20 %	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	
25 %	0,06	0,12	0,18	0,25	0,31	
30 %	0,07	0,15	0,22	0,30	0,37	
35 %	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	
40 %	0,10	0,20	0,30	0,39	0,49	
45 %	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	
50 %	0,12	0,25	0,37	0,49	0,62	

Výpočet vplyvu dávkovaných KO na kvalitu vôd na odtoku z ČOV

Akokoľvek sa javí prídavok KO na ekonomickú prevádzku fermentačného procesu ako pozitívny, môže byť aj problematický z hľadiska vplyvu na vodnú linku, teda na biologický stupeň ČOV, pretože obsahuje pomerne veľa organického materiálu a dusíka. Zvýšením hodnôt parametrov CHSK a N_{cel} v kalovej vode a jej recirkuláciou do vodnej linky ČOV môžu nastať problémy s dosiahnutím požadovaného stupňa čistenia. Následne môže dôjsť k vyšším odtokovým koncentráciám a teda aj k vyšším poplatkom za znečistenie vypúšťané z ČOV do recipienta. Výpočty sú vzťahované na kalovú vodu vznikajúcu pri strojnom odvodnení.

Predpokladáme, že dávkovanie hygienizovaných odpadov sa bude realizovať priamo do VN. Uvažujeme, že z KO sa približne 90 % organických látok rozloží, pričom sa znečistenie vo forme CHSK dostáva do vodného roztoku vo VN (zvyšok sú inertné látky, ktoré zostávajú v kale). Pri anaeróbnej fermentácii vo VN je konverzia organických látok (CHSK z KO rozpustená v kalovej vode) na produkovaný BP asi 85 %, to znamená, že cca. 15 % CHSK zostáva v kalovej vode. Z literárnych údajov je známy zjednodušujúci predpoklad, že 1 kilogram organickej sušiny predstavuje asi 2 kilogramy CHSK¹⁹. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené hodnoty zvyškovej CHSK, ktorá zostane v kalovej vode po rozklade a po transformácii do bioplynu. Ide o hodnotu navýšenia CHSK k pôvodnej CHSK kalovej vody, ktorá predstavovala hodnotu 3 500 mg/l.

Tabuľka 8: Zvýšenie hodnôt CHSK v kalovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	365	711	1 038	1 350	1 646	mg CHSK/l kalovej vody
10 %	730	1 421	2 077	2 700	3 293	
15 %	1 095	2 132	3 115	4 050	4 939	
20 %	1 459	2 842	4 154	5 400	6 585	
25 %	1 824	3 553	5 192	6 750	8 232	
30 %	2 189	4 263	6 231	8 100	9 878	
35 %	2 554	4 974	7 269	9 450	11 524	
40 %	2 919	5 684	8 308	10 800	13 171	
45 %	3 284	6 395	9 346	12 150	14 817	
50 %	3 649	7 105	10 385	13 500	16 463	

Ako je zrejme z vyššie uvedenej tabuľky (Tabuľka 8), k výraznejšiemu zvýšeniu koncentrácie CHSK v kalovej vode nastane až pri vyšších dávkach a vyšších sušinách kuchynských odpadov. Vznikajúca kalová voda je v technológii čistenia vôd recirkulovaná na vstup do ČOV, kde dochádza k jej miešaniu s prichádzajúcou surovou vodou. Tento nárast môže spôsobiť zvýšenie zaťaženia aktivácie a nižšiu

efektivitu čistenia odpadových vôd. Na nami nadimenzovanú čistiareň prichádza surová odpadová voda s organickým znečistením v CHSK ukazovateli 750 mg/l. Výsledné navýšenie koncentrácií CHSK bude približne také, ako je odhadované v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 9: Zvýšenie hodnôt CHSK v surovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	3	5	8	10	12	mg CHSK/l surovej vody
10 %	5	11	15	20	25	
15 %	8	16	23	30	37	
20 %	11	21	31	40	49	
25 %	14	26	39	50	61	
30 %	16	32	46	60	74	
35 %	19	37	54	70	86	
40 %	22	42	62	80	98	
45 %	24	48	70	90	110	
50 %	27	53	77	100	123	

Ako môžeme vidieť z tabuľky 9, v reálnej zmesi kalovej a surovej vody zvýšenie koncentrácie CHSK v odpadovej vode nie je príliš vysoké, avšak pri najväčších dávkach pridaných KO môže uvedené zvýšenie dosiahnuť aj hodnoty nad 100 mg/l CHSK.

Zvyšková CHSK z KO obsiahnutá v kalovej vode po zmiešaní so surovou vodou prechádza procesmi čistenia. Pri výpočte sme vychádzali z konzervatívneho predpokladu, že sa z nej v aktivácii rozloží len 50 % (aj keď reálne sa môže rozložiť aj viac ako 75 % organického znečistenia) a zvyšných 50 % sa prejaví na odtoku z ČOV. Tých „konzervatívnych“ 50 % sme zvolili na základe úvahy, že ak rozpustená CHSK z KO po asi 20 dňoch vo VN sa netransformovala anaeróbne na bioplyn, tak asi nie je ľahko rozložiteľná ani v aeróbných podmienkach aktivácie, čo však experimentálne nebolo dokázané. Priemerná hodnota parametra CHSK na odtoku z našej „virtuálnej“ ČOV je na úrovni 20 mg/l. Na základe legislatívy, presnejšie podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 367/2008 Z.z. platia sadzby na výpočet poplatkov za vypúšťanie odpadových vôd pre parameter CHSK na odtoku koncentračné limity 30 a 70 mg/l.

Tabuľka 10: Hodnoty CHSK na odtoku z ČOV v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	21	23	24	25	26	mg CHSK/l
10 %	23	25	28	30	32	
15 %	24	28	32	35	38	
20 %	25	31	35	40	45	
25 %	27	33	39	45	51	
30 %	28	36	43	50	57	
35 %	30	39	47	55	63	
40 %	31	41	51	60	69	
45 %	32	44	55	65	75	
50 %	34	46	59	70	81	

Podľa vyššie uvedených limitov na odtoku a súčasnej vypúšťanej koncentrácie CHSK je v tabuľke 10 zelenou farbou zvýraznená oblasť, kedy je ešte limit 30 mg/l splnený, teda ČOV nebude platiť poplatky za vypúšťané znečistenie. Žltou farbou je naznačená oblasť splnenia limitu 70 mg/l, pričom v červenej oblasti už ani tento limit nie je splnený. Preto môžeme konštatovať, že pri vysokých dávkach KO môžu byť odtokové koncentrácie CHSK nad 70 mg/l, čo môže celý proces čistenia odpadových vôd výrazne

skomplikovať resp. predražiť na poplatkoch. Za vypúšťané znečistenie sa platia poplatky v prípade prekročenia koncentračného aj bilančného limitu. Bilančný limit je pre oba koncentračné limity (30 a 70 mg/l) na úrovni 10 000 kg ročne. Pri prekročení nižšieho koncentračného limitu platí sadzba za 1 kg vypúšťaného znečistenia 0,20 eur a pri prekročení limitu 70 mg/l je táto hodnota dvojnásobná, teda sadza nadobúda hodnotu 0,40 eur za jeden kg CHSK. V tabuľke 11 sú uvedené poplatky za vypúšťané znečistenie CHSK. Z nej je zrejmé, že pri nižších množstvách a organických sušinách pridávaných KO do reakčného systému nedochádza k prekročeniu koncentračného limitu a vyhneme sa tak poplatkom. Červeno zafarbená oblasť v tejto tabuľke už predstavuje konkrétne teoretické ročné hodnoty poplatkov v eurách za vypúšťané znečistenie, pretože v týchto prípadoch bol prekročený nielen koncentračný, ale aj bilančný limit.

Tabuľka 11: Výška poplatkov za vypúšťané znečistenie CHSK

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0	0	0	0	0	€/rok
10 %	0	0	0	52 436	56 286	
15 %	0	0	55 134	61 205	66 979	
20 %	0	53 359	61 879	69 973	77 672	
25 %	0	57 974	68 624	78 741	88 365	
30 %	0	62 589	75 369	87 509	99 058	
35 %	0	67 204	82 114	96 278	109 751	
40 %	53 858	71 819	88 858	105 046	120 444	
45 %	56 228	76 434	95 603	113 814	262 208	
50 %	58 598	81 049	102 348	245 103	283 588	

Kuchynský odpad obsahuje vyšší podiel bielkovín, rozkladom ktorých sa uvoľňuje dusík. To môže mať negatívny vplyv na rozkladné procesy a proces tvorby metánu v dôsledku produkcie amoniaku a následnej inhibície procesov. V kuchynských odpadoch bolo štúdiami a rozbormi zistené zastúpenie dusíka na úrovni asi 3 %. Dusík prítomný v KO sa do BP dostáva len v zanedbateľnom množstve, pričom jeho väčšia časť sa v anaeróbnom prostredí viaže do novej biomasy alebo prechádza do vznikajúcej kalovej vody (naš výpočtový predpoklad je, že až 90 % dusíka sa konverziou dostane do kalovej vody, ktorý je následne recirkulovaný do technologického procesu čistenia).

Tabuľka 12: Zvýšenie hodnôt N_{cel} v kalovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	36	71	104	135	165	mg N_{cel} /l kalovej vody
10 %	73	142	208	270	329	
15 %	109	213	312	405	494	
20 %	146	284	415	540	659	
25 %	182	355	519	675	823	
30 %	219	426	623	810	988	
35 %	255	497	727	945	1 152	
40 %	292	568	831	1 080	1 317	
45 %	328	639	935	1 215	1 482	
50 %	365	711	1 038	1 350	1 646	

Kalová voda bez dávkovaných KO dnes obsahuje 450 mg/l celkového dusíka. Červená oblasť danej tabuľky (Tabuľka 12) predstavuje hodnoty, kedy dochádza k dvojnásobnému zvýšeniu dusíka v kalovej vode.

Pri výpočte nárastu dusíka v surovej vode uvažujeme rovnaký zmiešavací faktor (ZF) ako v prípade výpočtu nárastu CHSK v kalovej vode, teda ZF = 134 (prevrátená hodnota podielu denného množstva kalovej vody a súčtu denného množstva kalovej a surovej vody).

Tabuľka 13: Zvýšenie hodnôt N_{cel} v surovej vode v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0	1	1	1	1	mg N_{cel} /l surovej vody
10 %	1	1	2	2	2	
15 %	1	2	2	3	4	
20 %	1	2	3	4	5	
25 %	1	3	4	5	6	
30 %	2	3	5	6	7	
35 %	2	4	5	7	9	
40 %	2	4	6	8	10	
45 %	2	5	7	9	11	
50 %	3	5	8	10	12	

Z vyššie uvedenej tabuľky (Tabuľka 13) vyplýva, že po zmiešaní kalovej a surovej vody nedochádza k výraznému zvýšeniu koncentrácie dusíka na vstupe do čistiarne. V zelenej oblasti tabuľky 13 sú uvedené hodnoty, kedy dôjde k nárastu koncentrácie maximálne o 20 % z pôvodnej vstupnej koncentrácie dusíka, ktorá predstavuje 64 mg/l.

Podobne ako aj v predošlom výpočte nárastu CHSK na odtoku z ČOV, aj v prípade výpočtu nárastu koncentrácie dusíka na odtoku z ČOV vychádzame z predpokladu, že sa v aktivácii nitrifikáciou a denitrifikáciou odstráni len 50 % z privedeného množstva dusíka. Zvyšných 50 % sa prejaví na odtoku z ČOV. Referenčná odtoková koncentrácia celkového dusíka na ČOV je priemerne 7,5 mg/l. Odvolávajúc sa na Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 367/2008 Z.z. platia pre parameter N_{cel} na odtoku limity pre poplatky za vypúšťanie 10 mg/l s bilančným limitom nad 75 000 kg a 15 mg/l s bilančným limitom 10 000 až 75 000 kg ročne.

Tabuľka 14: Hodnoty N_{cel} na odtoku z ČOV v závislosti od množstva a sušiny KO

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	7,6	7,8	7,9	8,0	8,1	mg N_{cel} /l
10 %	7,8	8,0	8,3	8,5	8,7	
15 %	7,9	8,3	8,7	9,0	9,3	
20 %	8,0	8,6	9,0	9,5	10,0	
25 %	8,2	8,8	9,4	10,0	10,6	
30 %	8,3	9,1	9,8	10,5	11,2	
35 %	8,5	9,4	10,2	11,0	11,8	
40 %	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	
45 %	8,7	9,9	11,0	12,0	13,0	
50 %	8,9	10,1	11,4	12,5	13,6	

V tabuľke 14 sú farebne rozlíšené oblasti, pri ktorých nedôjde k prekročeniu limitu (zelená oblasť), oblasť pri ktorej sme v intervale koncentrácie vypúšťaného dusíka 10 až 15 mg/l (žltá oblasť) a oblasť, pri ktorej je prekročený aj menej prísny limit – 15 mg/l. Samotné limity sú v tomto prípade prísnejšie, nakoľko nadmerné vypúšťanie dusíka z ČOV môže výrazne ovplyvniť režim vodného toku/recipienta, pričom môže dochádzať k eutrofizácii.

Rovnako ako aj v prípade znečistenia CHSK, odplaty sa platia v prípade, ak dôjde k prekročeniu koncentračného aj bilančného limitu. Pri prekročení vyššieho aj nižšieho limitu je sadzba za 1 kg vypúšťaného znečistenia vo forme celkového dusíka 0,50 eur. Vypočítané poplatky za vypúšťané znečistenie sú uvedené v tabuľke 15. Ako je zrejmé z tejto tabuľky, pri nižších množstvách dávkaných KO je možné až do 45 percentnej sušiny dosiahnuť požadovanú čistiacu účinnosť a tak sa vyhnúť zbytočným výdavkom vo forme platenia poplatkov.

Tabuľka 15: Výška poplatkov za vypúšťané znečistenie N_{cel}

Množstvo KO	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	kg/deň
oCL						
5 %	0	0	0	0	0	€/rok
10 %	0	0	0	0	0	
15 %	0	0	0	0	0	
20 %	0	0	0	0	0	
25 %	0	0	0	43 670	46 076	
30 %	0	0	0	45 862	48 748	
35 %	0	0	44 513	48 053	51 421	
40 %	0	0	46 199	50 245	54 094	
45 %	0	0	47 885	52 437	56 766	
50 %	0	44 247	49 571	54 628	59 439	

Záver

Práca poukazuje na možnosť využitia kuchynských odpadov ako substrátu vhodného pre kofermentáciu na čistiarnach odpadových vôd a definuje jeho vplyv na technologické parametre prevádzok. V programe MS Excel bol zostavený jednoduchý program na výpočet dopadov prídavku externých substrátov na prevádzku nami testovanej ČOV.

Na základe vyššie uvedených výpočtov, tabuliek a znalostí z odbornej literatúry sme pri našej fiktívnej ČOV dospeli k záveru, že kofermentácia KO vo vyhnivacích nádržiach môže mať nielen pozitíva, ale aj negatíva. Všeobecne platí, že pri kofermentácii KO sa zvyšuje zaťaženie vo VN, čím sa zvyšuje aj denná produkcia BP. Vyprodukovaný BP je ďalej možné v kogeneračnej jednotke premeniť na energiu (elektrickú a tepelnú). Vyrobená energia môže dopomáhať k čiastočnej energetickej sebestačnosti ČOV, príp. môže byť dodávaná do distribučnej siete a tak môže ČOV zvýšiť profit za jej predaj.

Keďže do VN okrem čistiarenskeho kalu dávujeme aj KO, zvýši sa okrem produkcie BP aj produkcia kalu, čo už môže negatívne vplyvať na celú ekonomickú bilanciu, keďže novovzniknutý kal tiež treba spracovať a zabezpečiť jeho odvoz z ČOV. Prídavok KO môže byť problematický aj z hľadiska vplyvu na biologický stupeň ČOV, pretože obsahuje významný podiel organického materiálu a dusíka. Zvýšením hodnôt parametrov CHSK a N_{cel} v kalovej vode a jej recirkuláciou do vodnej linky ČOV môžu nastať problémy s dosahovaním požadovaného stupňa čistenia. Následne môže dôjsť k vyšším odtokovým koncentráciám a aj vyšším poplatkom za znečistenie vypúšťané z ČOV do recipienta.

Každá ČOV je však špecifická vzhľadom na čistiacu technológiu a prebiehajúce procesy. Vo výpočtoch boli použité viaceré zjednodušenia a nakoľko sa jedná o výpočet s literárnymi číslami, môžeme odhadnúť, že reálne čísla sú v intervale $\pm 25\%$. S najväčšou pravdepodobnosťou ani samotná produkcia KO nebude tých 100 kilogramov ročne na jednu osobu, avšak zavedením povinnosti separovať KO môžeme očakávať postupný rast zbieraných odpadov.

Reálny prídavok KO ku surovému kalu vstupujúcemu do VN môžeme uvažovať približne 30 až 35 % oCL/oCL, preto ak by ČOV nemala kapacitu poňať celé množstvá zbieraných KO, vhodnejšou alternatívou by bolo vybudovanie novej bioplynovej stanice, ktorá by bola postačujúca pre celú kapacitu produkovaných KO. V tom prípade však dochádza k vzniku digestátu, ktorý bude potrebné spracovať. Tuhá zložka by možno našla uplatnenie v poľnohospodárstve ako hnojivo, tekutá zložka s pomerne vysokým obsahom dusíka (stovky mg N_{cel} na liter) s najväčšou pravdepodobnosťou bude musieť byť spracovaná na blízkej ČOV. V takomto prípade je potrebné zabezpečiť požadovaný stupeň čistenia odpadových vôd a dosiahnutie odtokových parametrov.

S rastúcimi množstvami externých substrátov narastá aj riziko narušenia procesov prebiehajúcich na ČOV, čo je spojené so zhoršenou efektivitou čistenia a vyššími hodnotami koncentrácií parametrov na odtoku z ČOV. Z energetického hľadiska bude čistiareň sebestačná, vyrobí väčšie množstvo energie a dosiahne vyšší zisk. Netreba však zabúdať na fakt, že z environmentálneho hľadiska bude dochádzať k vyššiemu zaťaženiu recipienta organickým znečistením a celkovým dusíkom. Čistiarene prešli

v minulých rokoch nákladnými rekonštrukciami zameranými na zvýšené odstraňovanie nutričov a v súčasnosti dosahujú veľmi dobré odtokové parametre. Z toho hľadiska by nemala vidina možného zisku z príjmu odpadov presahovať riziko spojené s možnosťou narušenia fungujúcej technológie a zhoršenými odtokovými parametrami. Kofermentácia čistiarenskeho kalu s KO na ČOV je možná, avšak z environmentálneho hľadiska sa nejaví vždy ako optimálne riešenie nakladania s KO.

Literatúra

- 1 Antón-Peset, A., Fernandez-Zamudio, M.-A., Pina, T.: Sustainability 13(2), 600 (2021).
- 2 Mehariya, S., Patel, A. K., Obulisamy, P. K., Punniyakotti, E., Wong, J. W. C.: Bioresour. Technol. 268, 519 (2018).
- 3 Čegiňová K.: *Využitie kuchynských a reštauračných odpadov na zvýšenie produkcie bioplynu na komunálnych ČOV. Diplomová práca.* Slovenská technická univerzita v Bratislave, Bratislava 2021.
- 4 Nariadenie Komisie (EÚ) č.142/2011 z 25. februára 2011, ktorým sa vykonáva nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa vedľajších živočíšnych produktov a odvodených produktov určených na ľudskú spotrebu, a ktorým sa vykonáva smernica Rady 97/78/ES, pokiaľ ide o určité vzorky a predmety vyňaté spod povinnosti veterinárnych kontrol na hraniciach podľa danej smernice.
- 5 Brath Liebscherová K.: Čo môžeme robiť s kuchynským odpadom? <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/106409/co-mozeme-robit-s-kuchynskym-odpadom.aspx#sdfotnote2anc>, stiahnuté 10.02.2022.
- 6 Zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov (§81, ods.7).
- 7 Mu, L., Zhang, L., Zhu, K., Ma, J., Ifran, M., Li, A.: Sci. Total Environ. 704, 135429 (2020).
- 8 Chmielewská E.: *Odpady*, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava 1997.
- 9 Sembera, C., Macintosh, C., Astals, S., Koch, K.: Waste Manage. 95, 217 (2019).
- 10 Aichinger, P., Wadhawan, T., Kuprian, M., Higgins, M., Ebner, C., Fimml, C., Murthy, S., Wett, B.: Water Res. 87,416 (2015).
- 11 Koch, K., Plabst, M., Schmidt, A., Helmreich, B., Drewes, J. E.: Waste Manage. 47, 28 (2016).
- 12 Nghiem, L. D., Koch, K., Bolzonella, D., Drewes, J. E.: Renew. Sustain. Energy Rev. 72, 354 (2017).
- 13 Vivekanand, V., Mulat, D. G., Eijsink, V. G. H., Horn, S. J.: Bioresour. Technol. 249, 35 (2018).
- 14 Awe, O. W., Zhao, Y., Nzihou, A., Pham Minh, D., Lyczko, N.: Int. J. Environ. Stud. 75, 496 (2018).
- 15 Banks, C. J., Heaven, S., Zhang, Y., Baier, U.: Food waste digestion: Anaerobic Digestion of Food Waste for a Circular Economy, IEA Bioenergy Task 37 (2018). https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/12/Food-waste_WEB_END.pdf, stiahnuté 10.02.2022.
- 16 Macintosh, C., Astals, S., Sembera, C., Ertl, A., Drewes, J. E., Jensen, P. D., Koch, K.: Appl. Energy 242, 797 (2019).
- 17 Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 279/2003 Z.z. ktorým sa ustanovujú zdravotné predpisy týkajúce sa živočíšnych vedľajších produktov, ktoré nie sú určené na ľudskú spotrebu (príloha č. 7, strana 38).
- 18 Mikolaj, D., Horbaj, P.: Zjednodušený výpočet množstva bioplynu vznikajúceho z exkrementov v poľnohospodárstve, grafické určenie návratnosti investície a vhodného typu kogeneračnej jednotky. <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zjednoduseny-vypocet-mnozstva-bioplynu-vznikajuceho-z-exkrementov-v-polnohospodarstve-graficke-urcenie-navratnosti>, stiahnuté 10.2.2022.
- 19 Drtil, M., Hutňan, M.: *Technologický projekt*, Slovenská chemická knižnica FCHPT STU v Bratislave, Bratislava 2013.

Co-fermentation of food waste on municipal WWTP - a good idea (?)

Dóra VARJÚOVÁ^a, Katarína ČEGIŇOVÁ^a, Miloslav DRTIL^a, Štefan SOJKA^b, Igor BODÍK^a

^aDepartment of Environmental Engineering, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovak republic
e-mail: varjuovadora@gmail.com

^bBIONERGY, a.s., Prešovská 48, 826 09 Bratislava

Summary

The topic of the presented work is to point out the positives and negatives of co-fermentation of food waste in the digestion tanks of municipal WWTPs. The primary goal of the process is to ensure the appropriate management of this waste, which is energy efficient in terms of increased biogas production. Based on our proposed technological and operational parameters for a wastewater treatment plant with a total capacity of 90,000 population equivalent, a calculation program was compiled in the MS Excel program, which describes the impact of food waste addition on selected operating parameters of the digestion tank. The work also defined the impact of food waste on runoff parameters at the outlet of the wastewater treatment plant, which directly affect the economic balance of the operation.

Keywords: biogas, co-fermentation, food waste, WWTP.