

# ТЕХНИЧЕСКИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА СРАВНЕНИЕ ПРИ ИНДУСТРИАЛНИ ИНСТАЛАЦИИ ЗА АНАЕРОБНО РАЗГРАЖДАНЕ НА ТЪВРДИ ОРГАНИЧНИ ОТПАДЪЦИ

Анелия Иванова Цанова Донева

## TECHNICAL REQUIREMENTS FOR COMPARISON OF INDUSTRIAL ANAEROBIC DIGESTION INSTALLATIONS OF SOLID ORGANIC WASTE

Anelia Ivanova Tzanova Doneva

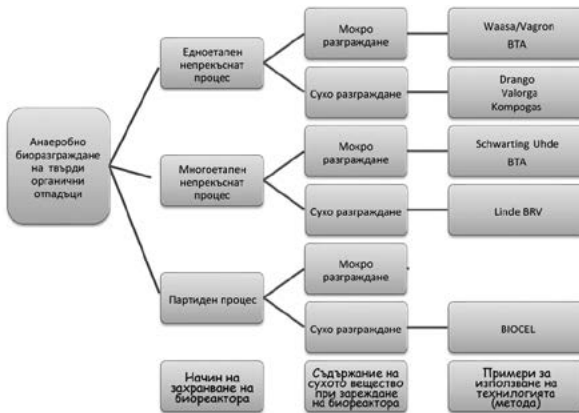
*Abstract: The report examines the technical requirements for comparison of industrial installations involving several patented processes that have successfully proven their reliable operation in full-turn installations: BIOCEL (quantitative system), DRANCO, Valorga, KOMPOGAS (single-stage dry system), Waasa, BTA (one-stage wet system), Schwarting-Uhde (two-stage wet system) and Linde - BRV (two-stage dry system). This is the basis of comparison: quantity or continuous feeding, number of phases, total solid waste and operating temperature, mixing methods (injection with gas or with mechanical stirrer), the type of reactor (vertical or horizontal, rectangular or cylindrical).*

Стимулирани от повишеното търсене на анаеробен биореактор за твърди органични отпадъци, няколко варианта за индустриални инсталации са били разработени през последните две десетилетия.

Съществуват много различни процеси, които се предлагат на пазара. Процесите са патентовани според няколко основни свойства: количество или непрестанно подаване, брой фази, общ брой на твърди отпадъци и операционна температура. Методите на смесване (впръскване с газ или с механични бъркалки), типът на реактора (вертикален или хоризонтален, правоъгълен или цилиндричен) са също параметри, необходими за получаването на патенти. Фиг. 1. представя наличните технологии за анаеробно разграждане на твърд органичен отпадък на европейския пазар.

Няколко патентовани процеси успешно са доказали тяхното надеждно действие в пълно-оборотни инсталации: BIOCEL (количествена система), DRANCO, Valorga, KOMPOGAS (едноетапна суха система), Waasa, BTA (едноетапна мокра система), Schwarting-Uhde (двуетапна мокра система) и Linde - BRV (двуетапна суха система).

„BIOCEL“-системата е базирана на количеството сухо органично вещество при анаеробно разграждане. Общата концентрация на твърди



Фиг. 1. Технологии за анаеробно разграждане на твърди органични отпадъци

частици от твърди органични отпадъци, като и субстанцията за подхранване се поддържа на 30-40 % сухо вещество. Процесът се осъществява в няколко правоъгълни бетонни биоуреактора имащи мезофилна 35-40°C температура. Преди захранването, пресен био-отпадъчен субстрат и инокуланти (вторична биомаса от предишни захранвания) са смесени. Типичното време на задържане при този процес е между 15 и 21 дни [1]. Работеща на максимални мощности инсталация „BIOCEL” успешно е обработила зеленчукови, градински и плодови отпадъци с капацитет 35000 тона за година. Около 310 килограма висококачествен компост, 455 килограма вода, 100 килограма пясък, 90 килограма биогаз, имащ средно съдържание на метан 58% и 45 килограма инертни отпадъци са произведени от всеки тон обработен отпадък [2].

Системата „DRANCO” (сухо анаеробно биологично разграждане) включва едностепенна система за анаеробно разграждане. Въпреки, че се оперира с термофилна температура (50-55°C), операции с мезофилна температура (35-40°C) също могат да се приложат за специфични отпадъчни потоци [3]. Обикновено, една част от разложената маса се използва за инокулант и се смесва с шест до осем части пресен субстрат. Няма уреди за смесване, освен природното движение надолу на отпадъка, което е предизвикано от пряното захранване и отстраняването на вторична биомаса [4, 5, 6]. „DRANCO” е считан за ефективен при обработването на твърди отпадъци с 20-50% от общия брой твърди

частици. Времето на задържане е между 15 и 30 дни и добивът варира между 100 и 200 м<sup>3</sup>/тон захранване с отпадъци [7].

Системата „Valorga” е едностепенен процес на сухо анаеробно разлагане, който използва цилиндричен реактор работещ на мезофилни и на термофилни температури. Подготвителна обработка, преди захранването, включва: сухо разделяне за да се премахне тежката част и други замърсители, смачкване на биоотпадъците от 8мм, настройване на съдържанието на твърди части за да стане 25-32%, като за това се смесва с вода [8, 9]. Времето на задържане за тази система е типично между 18 и 25 дена при мезофилни температури с добив на биогаз от 80 до 160 м<sup>3</sup>/тон захранване, в зависимост от типа на твърдия отпадък [7]. Технически недостатък на системата е, че входовете за газово впръскване много лесно се задръстват. Според [4,5] функционирането на термофилния „Valorga” в Швейцария е бил спрян за относително дълго време, поради голямо количество седименти (пясък, чакъл и др.) в основата, което е възпрепятствало функционирането на смесващото съоръжение и е понижило активния капацитет на биореактора.

Системата „КОМПОГАС” е едностепенен процес на сухо анаеробно разлагане. Процесът на ферментация се осъществява в хоризонтален поточен реактор с термофилна температура. Преди захранване, твърдите отпадъци са механично предварително обработени за да се махнат нечистотиите и да се намали размера на субстрата. Пренастройване на общото съдържание на твърди части чрез прибавянето на вода се прави за да се получи концентрация от общия брой твърди частици около 23 до 28%. Ако стойностите на общия брой твърди частици са по-малки от тази граница, тежки частици като пясък и стъкло потъват и се акумулират вътре в реактора, докато по-високи стойности могат да предизвикат по-голямо съпротивление на потока [10]. Времето на задържане за тази система варира от 15 до 20 дни. Според [11] при три вида отпадъци (а именно: боклук и отпадъци от хотели, градински отпадъци и стара хартия) са били смесени при различни съотношения за да контролира съотношението между въглерод и азот преди да бъде захранена „КОМПОГАС”.

Процесът „Waasa” е мокра едностепенна система за анаеробно разлагане и функционира както с мезофилни така и с термофилни температури. Относително сложен процес на предварителна обработка, включващо механично сортиране, миенето на отпадъците трябва да се извърши преди захранването. Сортиращата апаратура произвежда вторични продукти като например относително висок калоричен поток от RDF (отпадъчно гориво), метални частици, хартиени и пластмасови частици. Според [7] пълнооборотна инсталация за обработване „Waasa”, която е работила

паралелно на двете температури при термофилния процес е било необходимо 10-дневно време за задържане в сравнение с 20 дневното време на задържане при мезофилния процес.

„BTA” процесът е съставен от две основни стъпки: хидро-механично предварително обработване и процес на анаеробно разлагане. По време на хидро-механичното предварително обработване твърдите части са разредени с циркулираща оборотно вода от процеса за да бъде постигнато максимално съдържание на твърди части от 10%. Едностепенните системи са главно за относително малки, децентрализирани площадки за обработка на отпадъци, докато многостепенните системи са главно за инсталации с капацитет от повече от 50 000 тона за година. Температурата в процеса „BTA” се поддържа в мезофилния диапазон, обикновено на 35°C и смесен реактор. В зависимост от съставките на отпадъците, добивът на газ варира между 80 и 120 м<sup>3</sup>/тон от биоотпадъци [10, 7, 12].

Schwarting-Uhde - процес на двустепенно мокро анаеробно разлагане, който се осъществява чрез серия от два вертикални поточни реактора. Първият реактор работи с мезофилни температури за процесите на хидролиза, докато втория реактор работи с термофилни температури за метаногенеза. Сортирания в началото биоотпадък е смлян за да се намали рамера на частиците и е разреден до концентрация на общия брой твърди частици от около 12%. Времето на задържане в двата реактора е около 5 до 6 дни, като се получава общо време на задържане от 10 до 12 дни. Поради високия риск от задръстване на перфорираните плочи, процесът „Schwating-Uhde” е подходящ само за обработване на относително чисти високо биоразградими биоотпадъци [13, 4].

Процесът „Linde-BRV” може да се възприеме като двустепенно анаеробно разлагане. Сместа е предварително разградена [4]. Процесът обикновено поддържа термофилна температура, но модификация към мезофилна температура също е възможна. При термофилния процес, времето за задържане е около 21-25 дни с темп на органично натоварване от 8kg от общия брой твърди частици [4, 14]. Съдържание на сухо вещество от 15 до 45 %. Няма риск от образуване на плаващи повърхностни слоеве и има по - малка енергоемкост. Подходящ само за ”сухи „ субстрати.

В литературата могат да бъдат намерени различни основни категории параметри – технически изисквания: експлоатационни, които могат да се определят чрез измерване и такива, които могат да се пресметнат въз основа на измерените данни. За да се оценят работните възможности на инсталацията трябва да се извърши оценка на повече критерии. Оценки, базирани на един параметър не могат да дефинират процеса. Задължително трябва да бъдат включени и икономически параметри, за

да се определи дали инсталацията може да осигури възвращаемост на инвестициите в приемлив период от време.

## Литература

- [1] Brummeler, E., 2000. Full scale experience with the BIOCEL process. *Water science and technology*. Vol. 41 (3): 299-304.
- [2] CADDET (Centre for analysis and dissemination of demonstrated energy technologies), 2000. Batch anaerobic digestion of green waste in a BIOCEL converter. <http://attfile.konetic.or.kr/kinetic/xml/use/31C3A0300618.pdf>
- [3] Baere, et al., Anaerobic digestion of solid waste. *Waste management world*: [www.waste-management-world.com/articles/article\\_display.cfm?ARTICLE\\_ID=339836&p=123](http://www.waste-management-world.com/articles/article_display.cfm?ARTICLE_ID=339836&p=123)
- [4] Vandevivere et al., 2002 Types of anaerobic digesters for solid wastes (in: *Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes*, J. Mata-Alvarez-ed.), Amsterdam: IWA
- [5] Edelmann et al., 2005. More than 12 years of experience with commercial anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid wastes in Switzerland. Key note lecture on congress: Anaerobic digestion of solid waste (ADSW2005). <http://www.arbi.ch/ADsw.pdf>
- [6] Baere, L., 2008. The DRANCO process: a dry continuous system for solid organic waste and energy crops. *Proceedings of international symposium on anaerobic dry fermentation*. Berlin: Feb. 20-22, 2008. [http://www.ows.be/pub/Dranco-Process\\_IBBKfeb08.pdf](http://www.ows.be/pub/Dranco-Process_IBBKfeb08.pdf)
- [7] Nichols, C.E., 2004. Overview of anaerobic digestion technologies in Europe. *BioCycle*. Vol. 45 (1): 47.
- [8] Fruteau de Laclos, H., Desbois, S. and Saint-Joly, C., 1997. Anaerobic digestion of municipal solid organic waste: Valorga full-scale plant in Tilburg, the Netherlands. *Water science and technology*. Vol. 36: 457–462.
- [9] Karagiannidis and Perkoulidis, 2009. A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. *Bioresource technology*. Vol. 100: 2355–2360.
- [10] Chavez-Vazquez and Bagley, 2002 Evaluation of the performance of different anaerobic digestion technologies for solid waste treatment. CSCE/ EWRI of ASCE International conference on environmental engineering. Niagara [http://gis.lrs.uoguelph.ca/AgriEnvArchives/bioenergy/download/an\\_dig\\_u\\_toronto\\_2000.pdf](http://gis.lrs.uoguelph.ca/AgriEnvArchives/bioenergy/download/an_dig_u_toronto_2000.pdf)
- [11] Nishio and Nakashimada (2007) Recent development of anaerobic digestion processes for energy recovery from wastes. *Journal of bioscience*

and bioengineering. Vol. 103 (29): 105–112.

- [12] Haines, 2008 The BTA® process. Workshop presentation: Implementing anaerobic digestion in Wales. Nov. 11, 2008.[http://www.swea.co.uk/downloads/Biogas\\_ROBYN.pdf](http://www.swea.co.uk/downloads/Biogas_ROBYN.pdf)
- [13] Lissens, et al., 2001; Solid waste digestors: process performance and practice for municipal solid waste digestion. Water science and technology. Vol 44 (8): 91-102.
- [14] Zaher et al., 2007, Producing energy and fertilizer from organic municipal solid waste. Olympia, WA: Department of Biological Systems Engineering, WSU.<http://www.ecy.wa.gov/programs/swfa/solidwastedata/>

Гл. ас. д-р Анелия Иванова Цанова Донева, катедра Химия, Технически Университет – София, [ntzanova@tu-sofia.bg](mailto:ntzanova@tu-sofia.bg)