



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

METODE DE EFICIENTIZARE A STAȚIILOR DE EPURARE. UTILIZAREA BIOGAZULUI OBTINUT ÎN URMA FERMENTĂRII NĂMOLULUI ÎN CENTRALE TERMICE (STUDIU DE CAZ: SEAU CONSTANȚA NORD)

Andreea GHIOCEL, Mariana PANAITESCU, Valeriu PANAITESCU

METHODS TO STREAMLINE THE ENERGY CONSUMPTION AT THE WASTEWATER TREATMENT PLANTS. USING BIOGAS OBTAINED FROM SLUDGE FERMENTATION IN THERMAL PLANTS (CASE STUDY: CONSTANTA NORD WWTP)

This paper aims to present a simple way to evaluate the biogas production from the sludge resulting from the wastewater treatment process. Attention is given to three topics: the wastewater sludge fermentation and the evaluation of the biogas production with BioWatts software, but also to providing a general view of the thermal plant, the flow of the technological process and the equipment's required to store and use the biogas as the main fuel for the thermal plant.

Keywords: sewage, waste water, biogas, energy efficiency

Cuvinte cheie: epurare, ape uzate, biogaz, eficiența energetică

1. Introducere

Dezvoltarea societății moderne datorită progresului tehnologic din ultimele decade aduce în atenția noastră problematica utilizării resurselor în domeniul energeticii. Avansul tehnologiilor și în general al

științei, depinde în mare măsură de modul în care se va reuși asigurarea și acoperirea cererilor de energie, toate acestea cu un impact minim asupra mediului. Ținând pasul cu dezvoltarea tehnologică, epurarea apelor uzate a devenit un aspect important în realizarea unui “echilibru ecologic” între activitățile antropice și mediul înconjurător. Un aspect important în atingerea acestui echilibru este dat de eficiența energetică a stației de epurare (figura 1). O mare parte din energia utilizată în procesul de epurare se consumă în etapa de tratare biologică și în etapa de tratarea a nămolului (figura 2).

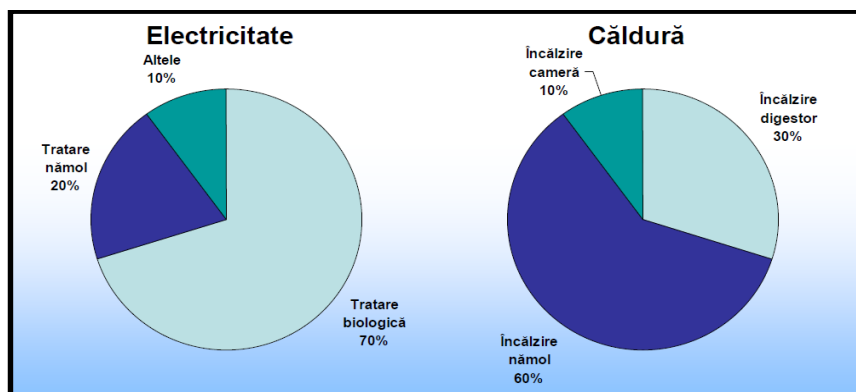


Fig. 1 Diagrama consumului de energie intr-o stație de epurare

Definite din punct de vedere tehnologic, nămolurile se consideră ca fază finală a epurării apelor, în care sunt înglobate produse ale activității metabolice și/sau materii prime, produși intermediari și produse finite ale activității industriale.

Nămolurile care se formează în stațiile de epurare în funcție de etapa în care se formează, se pot clasifica astfel [1]:

- nămol primar, rezultat din treapta I de epurare, respectiv epurarea mecanică;
- nămol secundar, rezultat din treapta de epurare biologică (nămol activ recirculat, nămol activ în exces, nămol din peliculă biologică);
- nămol amestecat (mixt), rezultat din amestecul de nămol primar cu nămol activ în exces;
- nămol de precipitare, rezultat din epurarea fizico-chimică a apei uzate prin adaos de agenți de neutralizare, precipitare, coagulare-floculare.

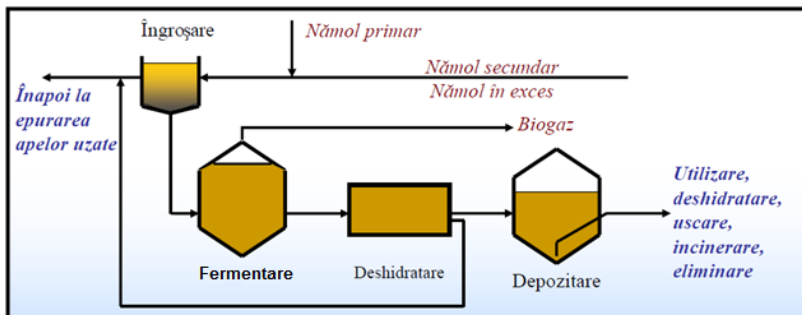


Fig. 2 Etapa de tratare a nămolului

2. Stabilizarea anaerobă a nămolului pentru obținerea de biogaz

Construcțiile pentru fermentarea anaerobă a nămolului sunt foarte diferite, dar se pot clasifica după anumite criterii. Astfel, după poziția spațiului de fermentare față de apa uzată, deosebim:

- comune cu apa uzată: fose septice, decantor cu etaj, iazuri de nămol;
- separate de apa uzată: rezervoare și bazine de fermentare.

Rezervoarele de fermentare (metan-tancuri) reprezintă soluția frecvent aplicată pentru localitățile ce depășesc 20.000 locuitori. Instalațiile de fermentare de mare încărcare dispun în plus de un sistem de amestecare a nămolului și de o instalație de încălzire a nămolului, fapt ce asigură o creștere a productivității și o scurtare a perioadei de fermentare. Temperatura interioară este de 30 – 35 °C (fermentare mezofilă), iar durata de fermentare este de peste 15 zile [3].

Forma constructivă a digestoarelor este de obicei circulară, dar au apărut forme noi de rezervoare care au rezultat din studiul suprafețelor de rotație. Tipizarea întregului ansamblu, constituie singura alternativă economică. Deoarece forma constructivă imprimă un aspect arhitectonic important al stației de epurare, se impune a avea în vedere alegerea variantei care să satisfacă și această cerință.

Dacă ar funcționa la capacitate maximă, SEAU Constanța Nord ar produce în medie 95 -100 m³ de nămol/h, nămol care în prezent este pompat către stația de tratare amplasată la Poiana, timp de 12 h/zi.

$$V_{\text{nămol pompat}} = 97 \times 12 = 1164 \text{ m}^3/\text{zi} \quad (1)$$



Fig. 3 SEAU Constanța Nord. Vedere de ansamblu

3. Caracteristicile centralei

Centrala termoelectrică pe biogaz este destinată să producă energie electrică și termică, având drept combustibil biogazul obținut în urma fermentării anaerobe a nămolului provenit de la SEAU Constanța Nord (figura 3). Centrala poate funcționa atât în regim autonom, asigurând cu energie electrică consumatorii locali, cât și în paralel cu sistemul electroenergetic național. Centrala termoelectrică pe biogaz este compusă din două blocuri principale: blocul energetic și blocul de producere a biogazului.

În componența *blocului energetic* intră următoarele secții și instalații:

- secția electro-termo energetică cuprinde următoarele instalații principale: generatorul sincron și sistemul de excitație, motorul cu ardere internă cu cazan de utilizare a gazelor evacuate pentru încălzirea apei.

- secția mecanică cuprinde următoarele instalații principale: pompe de ulei, filtre pentru ulei, instalații de pornire și reglare a sistemului de ungere cu ulei a generatorului, reductorului și motorului cu ardere internă.

- instalația de distribuție completă de 10 kV cuprinde celulele de distribuție a energiei electrice la consumatorii locali și în sistem.

- instalația de distribuție completă de 0,4 kV cuprinde celule de distribuție a energiei electrice la consumatorii serviciilor proprii a centralei și celulele de distribuție a curentului operativ continuu.

- secția bateriilor de acumulare asigură cu curent operativ continuu dispozitivele de acționare a întrerupătoarelor și a altor sisteme de automatizare.

- dispeceratul cuprinde toate instalațiile de comandă, semnalizare și control a proceselor tehnologice de producere a energiei electrice și termice.

Blocul de producere a biogazului include următoarele secții și instalații:

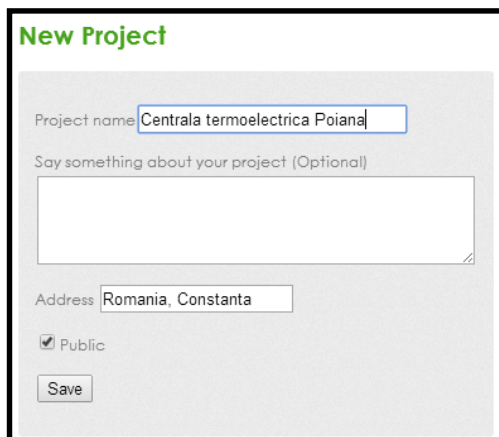
a) bazinele de fermentare asigură fermentarea nămolului, în urma căreia se obține biogaz.

Bazinele de fermentare sunt înzestrate cu instalații de alimentare cu nămol, sisteme de amestecare a nămolului și sisteme de menținere a temperaturii din interior.

b) gazholderele - asigură rezervarea biogazului până la utilizarea lui.

c) secția de curățire a biogazului asigură curățirea biogazului de dioxid de carbon și de alte substanțe înainte de a fi transmis în gazholder. În secția dată sunt amplasate de asemenea instalațiile de reglare și control a procesului tehnologic de producere a biogazului.

Cantitatea de nămol introdusă zilnic:



$$m = V \times \rho = 1164 \times 1008$$
$$\text{kg/m}^3 = 1173.3 \text{ t/zi} =$$
$$428258,88 \text{ t/an} \quad (2)$$

unde, ρ = densitatea nămolului = 1008 – 1200 kg/m^3

Calculul cantității de energie, utilizând Biowatts [5] (figurile 4 – 8).

Fig. 4 Definirea unui nou proiect

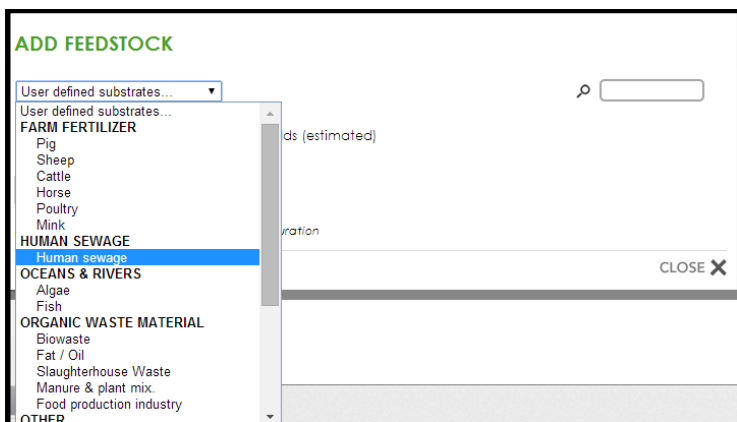


Fig. 5 Alegerea substratului

Human sewage

🔬 Lab data (measured) **f(x)** Ultimate yields (estimated)

6 substrate(s) found *

Substrate label		%DM	%oDM	Data source
Human sewage	f(x)	40.0	88.0	not available
my 🇷🇺 poare	f(x)	10.0	15.0	n/a
human sewage 🇷🇺 brjeshgala	f(x)	40.0	88.0	n/a
WWTP Primary sludge, dewatered 🇷🇺 Blackstream	f(x)	5.0	66.0	n/a
Septage from septic tanks 🇷🇺 papisdalia	f(x)	6.0	6.0	USTB (CHINA)
Anaerobic Digesters 🇷🇺 dAdawney	f(x)	5.2	64.0	observations

Fig. 6 Alegerea caracteristicilor substratului

WWTP Primary sludge, dewatered

Quantity tons FM*/year

Fig. 7 Introducerea cantității de nămol

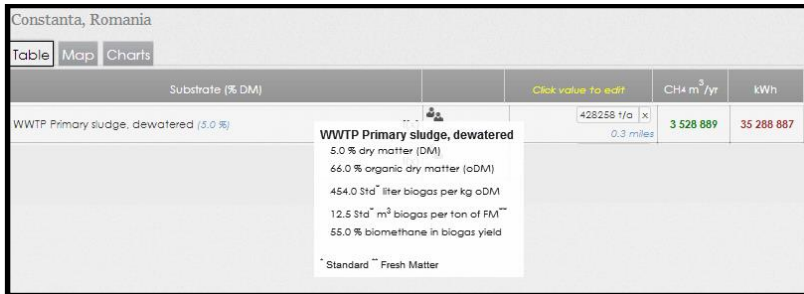


Fig. 8 a) Rezultate



Fig. 8 b) Rezultate

4. Procesul de producere a biogazului

Calculul volumului bazinului de fermentare

Volumul bazinului de fermentare depinde de încărcarea organică a bazinului de fermentare exprimată în kg/m³·zi, care la rândul său depinde de tipul substanței organice supusă fermentării și de cantitatea de masă organică zilnică supusă fermentării.

La calculul volumului bazinului de fermentare se aplică relația:

$$V_b = \frac{m}{l \cdot n}, \quad (3)$$

unde:

V_b – volumul bazinului de fermentare, [m³]

l – încărcarea organică a bazinului de fermentare, este un parametru variabil în funcție de natura masei organice supusă fermentării, pentru nămolurile din stațiile de epurare capătă valori de la 4 până la 5 kg/m³ · zi, [kg/m³·zi].

m – cantitatea de masă organică zilnică supusă fermentării, la stația de epurare a municipiului Constanța se obține o cantitate maximă zilnică de nămol de 117330 kg/zi.

n – numărul de bazine de fermentare instalate.

$$V_b = \frac{117330}{2 \cdot 5} = 11733 \text{ m}^3, \quad (4)$$

La centrala electrotermică pe biogaz vom instala două bazine de fermentare cu volumul de 11733 m^3 .

5. Procesul tehnologic. Principalele instalații tehnologice

Pentru producerea biogazului la o centrală de biogaz este nevoie de o mulțime de instalații care asigură o bună desfășurare a procesului de fermentare. Următoarele instalații asigură producerea biogazului:

Bazinul de fermentare – reprezintă elementul principal a unei centrale pe biogaz. Această instalație asigură fermentarea anaerobă a masei organice. Deoarece fermentarea se petrece în condiții fără oxigen, bazinul trebuie să asigure o izolare de aer. De asemenea procesul de fermentare depinde în mare măsură de temperatura din interiorul bazinului, variația care duce la dereglarea procesului de fermentare, deoarece bazinul de fermentare trebuie să asigure o izolare termică bună. Forma bazinelor de fermentare trebuie să permită un amestec cât mai omogen dintre substrat și biomasă cu consum cât mai mic de energie. În proiectul dat sunt prevăzute două bazine de fermentare cu volumul de 11733 m^3 fiecare. Forma bazinelor este cilindrică, iar părțile terminale în formă de trunchi de con. Bazinul de fermentare este dotat cu sistem de menținere a temperaturii. Menținerea temperaturii se efectuează cu ajutorul apei calde care este încălzită în cazanul de recuperare a căldurii produselor arderei din motorul cu ardere internă. Amestecarea biomasei din interiorul bazinului se efectuează cu ajutorul arborelui cu palete instalat în interiorul bazinului

b) Instalațiile de pregătit și alimentat nămolul au rolul de a alimenta corespunzător bazinele de fermentare, pentru a menține procesul de fermentare.

Instalațiile de captat, transportat, purificat și înmagazinat biogazul. Instalațiile de captat biogazul sunt compuse din manometre de măsurare a presiunii din interiorul bazinului și pompe pentru pomparea biogazului din bazin. Pentru menținerea procesului de fermentare în condiții bune, este nevoie periodic de evacuat biogazul. Transportul biogazului se efectuează prin conducte din oțel zincate.

Instalațiile de purificat biogazul au rolul de a despărți metanul de toate celelalte substanțe. Purificarea biogazului are loc prin spălarea lui. Instalațiile de înmagazinat sunt numite gazholdere. În proiect sunt prevăzute două gazholdere cu volumul 10000 m³, metanul fiind înmagazinat la presiunea de 100 bari. Unul este destinat să alimenteze motorul cu ardere internă timp de o zi, iar celălalt să înmagazineze metanul produs în bazinele de fermentare pe aceeași perioadă.

Principalele instalații tehnologice la centrala termoelectrică pe biogaz, prevăzute în proiect sunt: generatorul, motorul cu ardere internă și cazanul de recuperare.

Luând în considerare că la centrală se obține 9668,18 m³ metan/zi, se vor folosi două motoare cu ardere internă cu cazane de recuperare, fiecare motor dezvoltând o putere de 1200 kW.

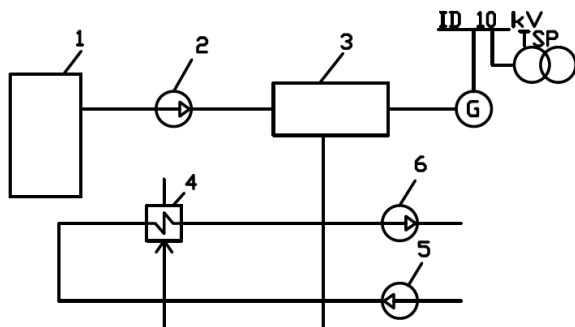


Fig. 9 Schema centralei

1 – gazholder; 2 – compresor pentru metan; 3 – motor cu ardere internă; 4 – cazan recuperator; 5 – pompă de apă (pomparea apei în cazan); 6 – pompă de apă pentru pomparea apei spre consumator; G – generator sincron; TSP – transformator de servicii proprii; ID 10 kV – instalație de distribuție cu tensiunea nominală 10 kV

Analiza funcționării centralei după schema din figura 9: metanul din gazholderul 1, este injectat în motorul cu ardere internă 3 la o presiune de 70 bari. Presiunea dată este obținută cu ajutorul compresorului 2. Metanul injectat în motor va arde și va pune în funcțiune motorul cu ardere internă, care la rândul său va roti arborele generatorului sincron G. Generatorul va produce energie electrică. Produsele arderii vor fi evacuate prin conducta de eșapament, care este legată cu cazanul recuperator 4. Astfel, acestea, având temperatura de 430 °C, vor încălzi apa care parcurge prin cazan. Cazanul este alimentat cu apă cu ajutorul pompei de alimentare 5. Apa încălzită va fi pompată spre consumator cu ajutorul pompei 6.

6. Concluzii

■ Centrala termoelectrică pe biogaz constituie o sursă de energie regenerabilă. Din punct de vedere tehnic centrala este una modernă. Utilizarea tehnologiilor moderne duce la creșterea fiabilității și a duratei de viață a acesteia.

■ Puterea electrică a centralei nu este suficientă pentru a rezolva problema energetică a zonei, dar deoarece ea utilizează surse de energie regenerabilă nepoluantă, este o investiție de viitor, astfel rezolvându-se mare parte a problemei de consum de energie din stația de epurare.

BIBLIOGRAFIE

[1] Robescu, Diana, Robescu, D., Lanyi, Sz., Silivestru, V., Iliescu, S., Vlad, Gr., Catană, I., Făgărășan, Ioana, Ionescu, M., Panduru, V., Belu, D., Mocanu, Raluca, *Controlul automat al proceselor de epurare a apelor uzate*, Editura Tehnică, 2008.

[2] Bilt, Em., *Epurarea apelor uzate menajere și orășenești*, Editura Tehnică, București, 1966.

[3] Robescu, Diana, Verestoy, A., Lanyi, Sz., *Modelarea și simularea proceselor de epurare*, Editura Tehnică, București, 2004.

[4] Negulescu, Gh.M., *Apele uzate menajere și orășenești*, Editura Tehnică, București, 1978.

[5] * * * <http://www.biowattsonline.com>

[6] * * * <http://energy4farms.eu>

Drd.Ing, Andreea GHIOCEL

Școala doctorală de Energetică, Universitatea POLITEHNICA din București

ghiocel.andreea@gmail.com

Prof.Dr.Ing. Mariana PANAITESCU

Ingenieria și protecția mediului în industrie, Universitatea Maritimă din Constanța

Prof.em.Dr.Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU

Hidraulică, Mașini hidraulice și Ingineria mediului,

Universitatea POLITEHNICĂ din București, membru AGIR