

INTRODUCERE

Sectorul energetic reprezintă infrastructura strategică de bază a economiilor naționale, pe care se bazează întreaga dezvoltare a țării. În același timp, energia reprezintă o utilitate publică cu un puternic impact social.

Intensitatea energetică este reprezentată de cantitatea de resurse energetice primare pe unitatea de PIB (produsul intern brut) și se exprimă în tcc/1000 USD PIB (tone combustibil convențional la 1000 dolari americani de PIB) și este una din modalitățile cheie de evidențiere a eficienței energetice și un reper important al economiei naționale, în vederea planificării energetice. Conform HGR 890/2003, valoarea acestui indicator la nivelul anului 1999 a fost în România de 0,83, pe când în media statelor UE, de numai 0,15. Rezultă de aici că în România se face o mare risipă a resurselor energetice. În același timp nevoia de energie crește permanent și producerea de energie cauzează emiterea unor cantități mari de gaze cu efect de seră, având o contribuție semnificativă la schimbările climatice. Conform HGR 890/2003, accesul sigur și funcționarea eficientă a sectorului energetic reprezintă principala problemă pentru economia românească.

Managementul sustenabil de energie în concepția modernă se bazează pe trei principii:

- reducerea consumului de energie
- eficientizarea consumului de energie
- producerea de energie din surse regenerabile

Sursele regenerabile dețin un potențial energetic important și oferă disponibilități nelimitate de utilizare pe plan local și național. Valorificarea surselor regenerabile de energie se realizează pe baza a trei premise importante conferite de acestea, și anume, accesibilitate, disponibilitate și acceptabilitate.

Exploatarea surselor regenerabile de energie conferă garanția unor premise reale de realizare a obiectivelor strategice privind creșterea siguranței în alimentarea cu energie pe baza diversificării surselor și diminuării ponderii importului de resurse energetice, respectiv de dezvoltare durabilă a sectorului energetic și de protejare a mediului înconjurător. Aceste cerințe se realizează în context național, prin implementarea unor politici de conservarea energiei, creșterea eficienței energetice și valorificarea superioară a surselor regenerabile.

Sursele regenerabile de energie pot să contribuie prioritar la satisfacerea nevoilor curente de energie electrică și de încălzire în zonele rurale defavorizate.

În contextul celor de mai sus, prezenta broșură se adresează prioritar fermierilor și autorităților locale comunale.

BIOGAZUL

Biogazul (sau gazul de fermentație) este termenul folosit pentru denumirea gazului energetic obținut prin fermentarea anaerobă (în lipsa oxigenului) a materiilor organice.

Biogazul este una dintre resursele de energie regenerabile (sau sursele regenerabile de energie, SRE), având particularitatea - alături de biomasă, că din punct de vedere al producerii de energie electrică este un combustibil carbon-neutral (fără emisii de dioxid de carbon - CO₂). Această particularitate se datorează faptului că, carbonul din materiile organice este parte a ciclului carbonului în natură, iar prin arderea biogazului se eliberează tocmai cantitatea de CO₂ încorporată în plante în trecutul apropiat.

CADRUL INSTITUȚIONAL GENERAL

La sesiunea plenară finală a Conferinței Cartei Europene a Energiei ținută la Lisabona în 1994 s-a adoptat **Protocolul Cartei Energiei**, adoptată prin Decizia Consiliului și Comisiei nr. **98/181/CE**, în care la art. 1, printre obiectivele țărilor europene în politicile energetice s-au stabilit: "(a) promovarea politicilor de eficiență energetică compatibile cu dezvoltarea durabilă" și "(b) crearea unor condiții-cadru care să determine producătorii și consumatorii să utilizeze energia în modul cel mai economic, eficient și ecologic posibil, în special datorită organizării piețelor eficiente și prin reflectarea cât mai completă a costurilor și beneficiilor legate de mediu". Prin Directiva **2009/28/CE** privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, la art. 1 se arată că "Prezenta directivă stabilește un cadru comun pentru promovarea energiei din surse regenerabile. Aceasta stabilește obiective naționale obligatorii privind ponderea globală a energiei din surse regenerabile în cadrul consumului final brut de energie și ponderea energiei din surse regenerabile utilizată în transporturi." Conform angajamentului României, din Anexa I la Directivă rezultă în anul 2020 obiectivul național va fi de cel puțin 24 %.

Conform HGR 1535/2003 privind Strategia de valorificare a surselor regenerabile de energie, ponderea acestora din consumul final brut de energie la nivelul anului 2015 se estimează la 11,2 %. Ponderea energiei obținute din biogaz se estimează la 7,7 % din potențialul energiei din biomasă, respectiv la cca. 5 % din totalul potențialului SRE. În prognoza pentru anul 2015, ponderea biomasei (în care este inclus fără defalcare și biogazul) din ponderea SRE se estimează la 68,7 %.

În legea energiei electrice și gazelor 123/2012 se arată că obiectivul României privind ponderea energiei produse din SRE din consumul final brut de energie la nivelul anului 2020 este de 24 % conform art. 5(1) din legea 220/2008/2010 pentru stabilirea sistemului de promovare a producerii energiei din surse regenerabile de energie, cu modificările și completările ulterioare.

Regulamentul UE 1774/2002/EC de stabilire a normelor sanitare privind subprodusele de origine animală care nu sînt destinate consumului uman, stabilește măsuri de utilizare și de igienă în vederea utilizării acestora și în instalațiile de biogaz.

În OUG 34/2000 privind produsele agroalimentare ecologice, aprobată prin legea 38/2001 cu modificările și completările ulterioare, se arată că tehnologia biogazului oferă posibilitatea obținerii de îngrășăminte naturale de mare valoare.

Ordinul comun al MMGA+MAPDR 344+708/2004 aprobă Normele tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămolurile de epurare în agricultură, inclusiv cele provenite din instalațiile de biogaz.

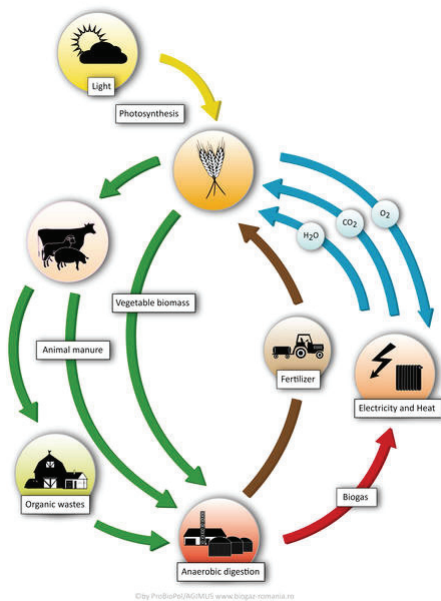
AVANTAJELE BIOGAZULUI (FERMENTĂRII ANAEROBE)

Deși în programele strategice nu sînt explicitate și la nivelul autorităților competente nu li se acordă în momentul de față importanță, instalațiile de biogaz rurale, gospodărești sau casnice ar putea avea un rol important în îmbunătățirea condițiilor de viață ale populației în mediul rural. Combinate cu compostarea celorlalte deșeuri organice ce nu pot fi introduse în aceste instalații, avantajele s-ar putea multiplica.

Producerea și utilizarea biogazului prezintă avantaje multiple pentru fermieri, precum și la scară națională, putînd aduce o contribuție deloc neglijabilă la realizarea obiectivelor dezvoltării durabile, prin:

- integrarea în agricultura organică, realizînd un circuit închis al materiei organice, asigurînd o valorificare superioară a dejecțiilor de animale și resturilor vegetale, prin producerea prin fermentarea anaerobă a acestora, a unui îngrășămint organic mult mai favorabil plantelor sub raportul pricipalelor elemente (azot-N, fosfor-P, kaliu-K (potasiu)), și în mod deosebit în privința conținutului de azot, în cele două forme ale sale direct asimilabile de către plante: nitrat (NO_3) și azotul amoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$), care are o pondere de 20-30 % mai mare în fermentat, comparativ cu conținutul în dejecțiile proaspete);

Faptul că azotul amoniacal se găsește în cantitate mai mare în **fermentat (mranîța de fermentare)**, are o importanță deosebită și din



punct de vedere al protecției apelor deoarece, sub această formă azotul este mai greu levigabil ca nitratul, ca urmare pierderile de asimilare sînt mai mici. Azotul (nitrogenul) este constituentul proteinelor, ajutînd la creșterea plantelor prin creșterea masei verzi și a recoltei. Conținutul în azot al plantelor cultivate este în medie de 15 %. Rezultate certe demonstrează că, prin utilizarea mranitei de fermentare se pot obține sporuri de recoltă între 5-15 %.

Pentru exemplificarea transformării nutrienților prin fermentare anaerobă, se prezintă

tabelul următor:

Specificații	Dejecții de porcine		Dejecții de bovine	
	proaspete	fermentate	proaspete	fermentate
Conținutul în materii solide uscate, SU (%)	5,38	3,46	10,03	6,76
Conținutul în SU organice, SUo (%)	3,75	2,01	7,35	4,66
pH	7,37	8,02	7,42	7,75
Nitrogen (azot) N total (%)	0,48	0,45	0,41	0,38
Azot amoniacal, NH ₄ -N (%)	0,33	0,36	0,20	0,22
Gradul de reducere al SUo (%)	46,4		36,56	
Conținutul de amoniu, NH ₃ (%)	68,8	80,0	48,8	57,9
Creșterea amoniului (%)	16,3		20,3	

Sursa: Genesys-Merkblatt M107

- contribuția la independența energetică, asigurînd o producție de energie verde prin înlocuirea combustibililor fosili pentru producere de energie termică și electrică, precum și a reducerii consumurilor energetice necesare pentru producerea îngrășămintelor chimice (1 kg de N produs sintetic necesită 2,6 l petrol, echivalînd energetic cu cca. 93 MJ)

- protecția climei prin reducerea emisiilor de metan (CH₄), un gaz cu efect de seră, avînd un potențial efect de 21 ori mai mare ca bioxidul de carbon (CO₂); În speță se poate obține o reducere de 4,5 m³CH₄/m³biomasă fermentată. Tabelul comparativ de mai jos arată cantitățile de gaze cu efect de seră (greenhouse gas-GHG) în cantități de CO₂ echivalent, ce pot fi

”economisite” (evitate) prin fermentare anaerobă (Kulisic, B., White, W., 2010):

Animal	Număr capete pentru 1 kgCO ₂ e/an
Vacă de lapte	1
Vițel	1,5
Porc	1,5
Ovine	60
Păsări de curte	500

Comparația emisiilor directe de gaze cu efect de seră și altor tipuri de gaze de ardere, din arderea diferitelor tipuri de combustibili, prezentată în tabelul de mai jos demonstrează caracterul de ”**combustibil ecologic**” al biogazului:

Emisii directe de gaze cu efect de seră și alte gaze de ardere				
Sursa de energie	Dioxid de carbon (CO ₂)	Metan (CH ₄)	Gaz ilariant (N ₂ O)	Echivalent CO ₂
[g/kWh]				
Cărbune	335	0,324	0,007	344
Ulei de combustibil ușor	277	0,001	0,002	278
Gaz metan	199	0,003	0,004	201
Motorină	277	0,001	0,002	282
Benzină	269	0	0	269
Biogaz	0	0,008	0,007	2

- reducerea semnificativă a poluării aerului prin eliminarea mirosurilor neplăcute cauzate de acizii organici volatili (sau în general compușii organici volatili - COV, sau după denumirea în limba engleză VOC), care sînt consumate de bacteriile producătoare de biogaz (metanogene); Reducerea emisiilor de COV mai are și avantajul că astfel se reduce și cantitatea ”de ozon (O₃) dăunător” (bad ozone), care se formează la nivelul solului datorită activității umane și aparține așa-zisului ”ozon troposferic” (prin contrast, ozonul stratosferic care apără viața de pe Pămînt, se numește ”ozon util” (good ozone) și se formează în mod natural).

- protecția surselor de apă de suprafață și subterane împotriva poluării, preponderent cu substanțe organice cu potențial de eutrofizare (azotul și fosforul), prin reducerea emisiilor de compuși ai azotului, în special a nitraților

- îmbunătățirea condițiilor sanitare prin reducerea poluării microbiologice, ca urmare a eliminării aproape integrale a bacteriilor și

altor microorganisme patogene și ouălelor de helminți și de protozoare conținute în dejecțiile animaliere și fecalele umane

Tabelul următor prezintă gradul de eliminare al câtorva microorganisme patogene (după BRTC, China, 1985, citat de Heinz-Peter Mang, 2006):

Denumire patogeni, helminți și protozoare	Fatalitate					
	Fermentare anaerobă termofilă (53-55°C)		Fermentare anaerobă mezofilă (35-37°C)		Fermentare anaerobă psihrofilă (la temperatura ambientă) (8-25°C)	
	Timpul de supraviețuire (zi)	Rata (%)	Timpul de supraviețuire (zi)	Rata (%)	Timpul de supraviețuire (zi)	Rata (%)
Salmonella	1-2	100	7	100	44	100
Shigella	1	100	5	100	30	100
Poliviruși			9	100		
Schistosoma helminți	cîteva ore	100	7	100	7-22	100
Necator, Ancylostoma, helminți	1	100	10	100	30	90
Ascaris helminți	2	100	36	98,8	100	53
Colititru	2	0,1-0,01	21	10 ⁻⁴	40-60	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴

NOTĂ: Colititru reprezintă cantitatea minimă de apă în ml (mililitri; 1 l = 1000 ml), în care se pot cultiva bacteriile din familia *Escherichia coli* (*E. coli*), aceștia avînd o perioadă de incubație de numai 24 ore. Inversul cifrei indică numărul bacteriilor (cifra coli) într-un ml de apă. De ex. colititru 10⁻⁴ înseamnă n = 1/10⁻⁴ = 10.000 bacterii *E. coli*. Deoarece cultivarea bacteriilor patogene este de durată și incertă, pentru determinarea posibilei infecții se determină întîi bacteriile *E. coli*, care se regăsesc în intestinul omului (enterobacterii), fiind indispensabile pentru digestie. Din acest motiv, aceste bacterii se mai numesc și bacterii indicatoare. Existența bacteriilor *E. coli* în apă este semnul unei infecții fecaloide, cu posibila apariție a febrei tifoide, dizenteriei și holerei.

Salmonella este un gen de bacterie patogenă intestinală care cauzează unele boli infecțioase (febră tifoidă, paratifoș, intoxicații alimentare etc.). Salmonella este cauza celor mai răspândite toxinfecții alimentare, contaminând omul prin ingestia de mâncare sau de apă infectată. **Shigella** este un gen de bacterie patogenă intestinală din intestinul gros, care cauzează boala infecțioasă dizenteria. **Schistosoma** este un parazit ce trăiește în venele intestinale, cauzînd o boală de obicei tropicală, urinarea cu sînge. Larvele lor pot penetra pielea persoanelor care fac baie în apa infestată. Viermii cîrlig din genul **Necator** și **Ancylostoma** cauzează boala parazitară caracterizată de obicei prin anemie progresivă, tulburări digestive și nervoase. Ele pot pătrunde prin piele, umblînd cu picioarele goale pe pămînt. **Ascaris lumbricoides** este cel mai mare vierme intestinal, ajungînd pînă la 35 cm lungime, fiind cel mai comun parazit uman, afectînd cca. un sfert din populația Pămîntului. Este de asemenea de origine tropicală. De obicei boala nu prezintă simptome exterioare. În cazuri grave simptomele sînt scuipat sîngeros, tuse, febră, disconfort abdominal, ieșirea viermelui din corp.

Poliviruşii sunt agenţi patogeni invizibili la microscopul optic, situându-se la frontiera dintre materia inertă şi materia vie. Virusurile pot infecta orice organism, animal sau vegetal, inclusiv bacteriile, ciupercile şi algele, fiecare specie virală fiind perfect adaptată la gazda sa şi la anumite ţesuturi ale acestei gazde (de exemplu, la om: sînge, ganglioni limfatici, piele, ficat, ţesut nervos etc.). Virusurile constituie adesea cauza unor epidemii (gripa, febra galbenă, SIDA). Contaminarea se poate întîmpla pe cale respiratorie sau digestivă, conjunctivită, cale sexuală şi sangvină.

- protecţia solului, prin menţinerea şi creşterea conţinutului în humus al stratului vegetal, în comparaţie cu utilizarea fertilizanţilor minerali (îngrăşămintelor chimice, ce nu numai că nu au această capacitate, dar şi contribuie la sărăcirea solului), precum şi prin îmbunătăţirea capacităţii de reţinere a apei în sol prin utilizarea îngrăşămintelor organice

- reducerea cantităţii deşeurilor, deoarece prin fermentare anaerobă cca. 4-5 % din substratul organic, respectiv cca. 13 % din substratul uscat se transformă în biogaz

- reducerea cantităţii de seminţe de buruieni, care se distrug parţial prin fermentarea anerobă

- controlul muştelor, prin transformarea dejecţiilor în fermentat mult mai puţin "atrăgător" pentru aceste insecte

SCURTĂ ISTORIE A BIOGAZULUI

Istoria biogazului este plină de mituri, confuzii, greşeli şi date eronate, perpetuînd la fiecare nouă citare. Unele dintre acestea sînt cele conform cărora documente scrise atestă utilizarea biogazului pentru încălzirea apei pentru baie în Assiria în sec. X î.e.n. şi în sec. XVI în Persia. Adevărul este că în ambele cazuri este vorba de gazul metan, care în acele zone în multe locuri ajunge la suprafaţă prin crăpăturile rocilor, metanul fiind adesea confundat şi/sau identificat cu biogazul.

În cele ce urmează referirile se bazează preponderent pe datele care au putut fi verificate prin confruntarea mai multor surse disponibile.

Polihistorul roman Plinius cel Bătrîn (Caius Plinius Secundus) (23-79 e.n.) a descris luminiţele tremurătoare şi gazele emanate de mlaştini.

În Europa, în sec. XVII, chimiştii englezi Robert Boyle şi Stephen Hale au observat şi notat că prin agitarea nămolului de pe fundul lacurilor se eliberează un gaz inflamabil.

În 1630, în Belgia, flamandul Jan Baptist van Helmont, observînd că jăratecul din lemn şi cărbune emite o substanţă inflamabilă necunoscută, pe care a denumit-o "gaz" după cuvîntul grecesc *chaos*, a introdus astfel în limbajul ştiinţific pentru prima dată acest termen pentru desemnarea uneia

dintre cele patru stări de agregare ale materiei (cunoscute astăzi: solid, lichid, gaz, plasmă).

Metanul a fost descoperit în 1667 de Thomas Shirley, Anglia.

În 1764 Benjamin Franklin a descris cum că putea da foc la aerul deasupra unei mlaștini de mică adâncime în New Jersey.

În 1772 chimistul englez Joseph Priestley a descoperit că metanul este rezultatul proceselor anaerobe.

În 1776 fizicianul italian Alessandro Volta, studiind materia organică de pe fundul lacurilor Como și Maggiore, a descoperit și izolat metanul.

În 1804 chimistul englez John Dalton descrie formula chimică a metanului.

În 1808 chimistul englez Sir Humphry Davy a determinat că gazul rezultat din fermentarea dejecțiilor de bovine conține metan.

În 1821 fizicianul italian Amedeo Avogadro determină cu precizie formula chimică a metanului.

În 1856, prin experimentele sale cu gunoi de grajd, francezul Jules Reiset a descoperit că în lipsa oxigenului rezultă un gaz inflamabil.

În 1856 chimistul francez Marcelin (sau Marcellin) Pierre Eugène Berthelot sintetizează pentru prima dată metanul din sulfid de carbon (CS_2) și hidrogen sulfurat (H_2S).

În anul 1857 bacteriologul francez Louis Pasteur a descoperit efectul inhibitor al prezenței oxigenului în dezvoltarea microorganismelor din familia ciupercilor de drojdie *Saccharomyces*, denumit după el "efectul Pasteur".

În 1868 agronomul francez Jules Reiset, studiind dinamica azotului din bălegar, a descoperit că acesta eliberează un gaz inflamabil.

Francezul Béchamp în 1868 și rusul Leo Popoff în 1875 prin experimentele sale de laborator în Strassburg, au concluzionat că formarea gazului de fermentare se datorează unor microorganisme. Este pentru prima dată când formarea biogazului este atribuită activității microbiene, acesta fiind un pas important în punerea bazelor pentru studiul științific a fermentării anaerobe. Totodată această perioadă marchează trecerea de la observații la studiul orientat pe această temă.

În 1970 în America, la stația de epurare Hyperion al orașului Los Angeles s-a experimentat pentru prima dată fermentarea anaerobă a nămolului în condiții termofile.

La 22 septembrie 1881 antreprenorul francez Louis Mouras a depus la Vesoul patentul pentru "o instalație de fermentare automată și fără miros" (o fosă septică rudimentară), asigurând epurarea apelor uzate prin fermentare metanică.

În 1883 discipolul lui Pasteur, Ullyse Gayon publică experimentele sale privind fermentarea anaerobă a bălegarului, concluzionînd că gazul obținut este capabil să furnizeze căldură și lumină.

Prin experiențele din perioada anilor 1876-1887, Gayon și chimistul german Ernst Felix Immanuel Hoppe-Seyler au descoperit formarea microbiologică a metanului și bioxidului de carbon din acetatul etilic (ce se formează și în mod natural în vinuri prin fermentarea a doi constituenți comuni: cel mai simplu acid organic, volatil - acidul acetic și alcoolul etilic).

Prima instalație de biogaz s-a construit în anul 1897 în orașul Bombay, India, la colonia de leprași Matoonga (Matunga), biogazul fiind produs într-o fosă septică rudimentară (cea mai simplă instalație de epurare a apelor uzate orașenești).

În Europa, prima instalație de utilizare a biogazului s-a experimentat în orașul Exeter, Anglia, cînd biogazul produs în varianta îmbunătățită de către Cameron a fosei septice concepută de Mouras, a fost utilizat pentru iluminatul stației de epurare construită în anul 1895, începînd cu anul 1906, devenind continuă în 1911, prezentînd posibila utilizare a acestuia și pentru iluminatul public prin instalarea unei lămpi în oraș.

Microbiologii ruși Serghei Winogradski și Vasilii Omeliansky publică în 1900 și ulterior în 1905 la fel biologul olandez Nicolaas Louis Sohngen de la universitatea din Delft, Olanda, identificarea a cîtorva microorganisme anaerobe.

În 1907 în Germania, inginerul Karl Imhoff a patentat și construit prima instalație de epurare a apelor uzate orașenești, decantorul Imhoff sau Emscher (denumire după localitate) (numit și decantor etajat după configurația constructivă), capabilă să asigure și tratarea anaerobă a nămolului, proces, din care rezulta biogazul.

În 1921 la stația de epurare a orașului Birmingham din Anglia s-a pus în funcțiune pentru prima dată în Europa un motor cu ardere internă de 25 CP (18,4 kW) pentru producerea energiei electrice din biogaz.

În 1923 în Germania s-a livrat pentru prima dată surplusul de biogaz de la o stație de epurare a apelor uzate în rețeaua orașenească de gaz metan.

În 1924 la stația de epurare Recklinghausen a orașului Essen din Germania s-a început utilizarea biogazului în motoare cu ardere internă pentru producerea energiei electrice din biogaz. În anii următori biogazul a fost utilizat în instalații de cogenerare, producînd simultan căldură și energie electrică.

În jurul anului 1930 s-a reușit pentru prima dată în Germania purificarea biogazului în vederea comprimării și utilizării la autovehicole.

În satul Illinois, America, în 1930 chimistul A.M. Buswell a stabilit prima formulă chimică stoechiometrică a metanogenezei, pe care a dezvoltat-o apoi împreună cu colegii săi, Heave și W.D. Hatfield în 1936, apoi cu Mueller în 1952. În 1976 Boyle perfecționează formula lui Buswell și Mueller, însă aceasta încă nu include influența ligninului (de altfel foarte greu biodegradabil în mediu anaerob), la care în 1998 biochimista Susan J. Baserga de la universitatea Yale aduce noi perfecționări.

Prima instalație de fermentare în agricultură a fost construită în Algeria în 1942 de către francezii Gilbert Ducellier și Marcel Isman, utilizând tehnologia de fermentare uscată a gunoiului de grajd, după ce în 1939 au brevetat în SUA o instalație de fermentare umedă a gunoiului de grajd construită tot în Algeria.

În Germania prin anul 1945 s-a început construcția instalațiilor de mare capacitate pentru producerea biogazului din deșeuri din agricultură, la care Imhoff a avut contribuții importante.

În perioada celui-de-al doilea război mondial în Germania s-a dezvoltat de către F. Schmidt și W. Eggersglüss un sistem de producere a biogazului din deșeuri agricole, cunoscut sub numele ”sistemul Schmidt-Eggersglüss”.

În 1947, pe baza cercetărilor din anii 1940, în orașul Darmstadt din Germania, inginerul constructor, apoi prof. dr. Gerd Reinhold a dezvoltat prima instalație de biogaz pentru necesitățile fermelor mici, tehnologia fiind denumită ”sistem Darmstadt” sau ”canal fermentation method” sau cu termenul consacrat mai târziu ”plug-flow” (sistem piston).

Prin anul 1948, pe baza cercetărilor sale, inginerul sanitar german Franz Pöpel, un pionier al epurării apelor uzate, a construit în Allerhoop prima instalație de mare capacitate pentru prelucrarea anaerobă a biomasei și de utilizare a biogazului.

În 1948, în satul Rohrbach im Odenwald, Germania, fermierul Berthaloth a realizat propria instalație de biogaz, producând zilnic între 8-10 m³ biogaz din dejecțiile de la cei 2 cai și 8 vaci de lapte ai săi, amestecate cu apele uzate menajere.

În țările industrializate cercetările biochimice și microbiologice privind formarea biogazului s-au intensificat după cel de-al doilea război mondial. Astfel, biochimistul olandez C.G.T.P. Schnellen în 1947 și omologul său american H.A. Barker în 1956 descoperă noi specii de bacterii metanogene. Lista cercetătorilor cu asemenea descoperiri este lungă și continuă și în zilele noastre.

Ieftinirea prețului petrolului a condus la scăderea interesului țărilor industrializate privind utilizarea biogazului, astfel că de prin anii 1955, marea majoritate a stațiilor de biogaz a fost abandonată din motive de rentabilitate.

Primele crize energetice din anii 1973 și 1978 au condus în statele industrializate la intensificarea cercetărilor în privința posibilității utilizării surselor regenerabile de energie, printre care și biogazul. Aceste cercetări au fost orientate pentru construirea stațiilor de biogaz de mare capacitate, capabile să producă prin cogenerare energie electrică și termică, cu injectarea surplusului de energie electrică în sistemul energetic.

Abia în anul 1977 microbiologul american Carl Richard Woese de la universitatea din Illinois, redefinește grupul de microorganisme unicelulare fără nucleu, *Archaea*, în care include și bacteriile metanogene. Prin această descoperire, el redesenează arborele filogenezei taxonomice (sistemul arborelui genealogic al evoluției) pe Pământ. Denumirea acestor bacterii, "bacterii arhaice", desemnează tocmai faptul că acestea au apărut în era geologică arhaică, în urmă cu cca. 4 miliarde de ani. Bacteriile *Archaea* joacă un rol definitoriu în procesele biogeochimice.

În tehnologia fermentării "uscate" inginerul sanitar american W.J. Jewell și colaboratorii săi de la universitatea Cornell aduc contribuții importante încă din 1981.

După conferința ONU asupra mediului și dezvoltării care a avut loc la Rio de Janeiro în 1992, urmată de adoptarea în 1997 a Protocolului de la Kyoto la Convenția-cadru a Națiunilor Unite asupra schimbărilor climatice, adoptată la New York la 9 mai 1992 (transpusă prin legea 3/2001), cercetările privind utilizarea biogazului s-au intensificat și s-au extins în direcția valorificării complexe-integrate a resurselor din agricultură, incluzând și fermele mici, pentru care utilizarea biogazului poate oferi semiindependență sau chiar independență energetică. În aceste condiții, în America și în țările industrializate din Europa utilizarea biogazului este reconsiderată, atenția fiind concentrată însă la stațiile de medie și mare capacitate, cu cogenerare, luând un nou avânt prin construirea în ritm rapid a unor serii de stații de biogaz noi, îndeosebi în Germania, Dania, Austria, Elveția și Suedia. În ultimii ani în Spania au fost construite într-un ritm deosebit multe stații de biogaz, astfel că în prezent, deși Germania dispune de cea mai mare capacitate totală instalată de stații de biogaz, Spania are cea mai mare capacitate specifică instalată pe cap de locuitor.

În 2005 în Suedia intră în circulație primul tren propulsat de biogaz. Trenul automotor "Amanda" cu o capacitate de 54 de pasageri, face legătura între orașul Linköping, imediat la sud de Stockholm, cu orașul Västervik de pe coasta estică de la Marea Baltică, pe o distanță de cca. 80 km, având o autonomie de cca. 600 km.

În prezent în Suedia, Dania, Germania și Austria biogazul se utilizează din ce în ce mai mult în transportul în comun pe post de carburant.

Exemplul experienței fermierilor din SUA, unde eșecul instalațiilor de biogaz este de cca. 80 %, arată că, realizarea unei instalații de biogaz necesită o abordare complexă și realistă, proces în care planificarea are un rol determinant.

În ceea ce privește **instalațiile de biogaz mici (rurale sau gospodărești)**, a căror realizare le este destinat cu precădere acest material, este de remarcat că, informațiile privind nu numai datele statistice, dar chiar și datările și tipurile de instalații, sînt contradictorii. Aici confuziile sînt ceva obișnuit. În aceste condiții este imposibil de stabilit, care sursă este mai credibilă. Din acest motiv informațiile prezentate în continuare privind instalațiile de biogaz rurale (gospodărești) trebuie considerate "ca atare" sau "așa cum sînt ele". Ceea ce este important de reținut, sînt tipurile constructive și tehnologice.

Conform literaturii disponibile, primele instalații de biogaz gospodărești au fost construite preponderent în Asia. Astfel, începînd cu anii 1950, în principal în China și India, susținut de stat, considerate și promovate ca o soluție la problema deșeurilor, la problema alimentării cu căldură, la problema deșertificării (cu o instalație de biogaz rurală de 10 m³ se poate economisi anual o cantitate de cca. 2.000 kg lemne de foc, echivalînd cu tăierea pădurii de pe o suprafață între 0,26- 4 ha), la ameliorarea condițiilor sanitare în mediul rural, precum și la emanciparea femeii, dar și o contribuție importantă la sporirea producției agricole vegetale, construirea stațiilor mici de biogaz capătă o răspîndire în ritm susținut.

Prima instalație de biogaz din **China** s-a construit în 1921 în provincia sudică Guangdong de către Guorui Luo, cu o capacitate de 8 m³, avînd destinație comercială. A urmat cea din 1936 în Jiangsu, fiind de tip "**cu capac fix**" (fixed dome), construită de profesorul Zhon Peiyuan. Prin anii 1950 s-a dezvoltat tipul de reactor (fermentor) cu contrapresiune cu apă.

Reactorul (fermentorul) tip "**sac**" (bag) s-a utilizat prima dată în Taiwan, începînd din anii 1960 (Hao și col., 1980). Acesta constă în esență dintr-un cilindru lung (raport minim lungime:diimetru= 3:14), confecționat din material plastic, tubul de alimentare fiind astfel montat încît presiunea maximă a biogazului să nu depășească 40 cmCA (centimetri coloană de apă). Materialul plastic poate fi PVC, neopren, polietilenă sau RMP (Red Mud Plastic, un tip de PVC ieftin, fabricat cu deșeuri de la producerea aluminiului, fiind produs începînd din 1974, avînd o durată de utilizare estimată la cca. 20 ani) (Hong și col., 1979). Tehnologic, reactorul "sac" poate de tip "**piston**" (plug-flow) sau "**în șarje**" (batch). Într-o variantă biogazul poate fi stocat într-un alt sac (Park et al. 1979). Reactorul este

foarte ușor (o capacitate de 50 m³ are o greutate de numai 270 kg) și se montează într-un șanț cu o adâncime puțin peste raza sacului cilindric. În varianta ”pachet” fermentorul se construiește în configurație ”semi-plastic”, adică numai cu partea superioară din folie de plastic, cea inferioară fiind o cuvă de pământ etanșată cu argilă. Instalația RMP s-a utilizat preponderent pentru dejecțiile porcine și tocmai din acest motiv s-a extins repede în Korea și în insulele Fidji, unde porcinele se cresc în număr mare. Cercetările chinezești și koreene relevă faptul că, în comparație cu instalația ”cu capac rigid”, temperatura în instalația RMP este mai mare cu 2°-7°C, ceea ce aduce un spor de producție de 50-300%, respectiv între 0,235-0,61 m³biogaz/m³fermentor·zi constatăată în China și între 0,14 (iarna la 8°C)-0,7 (vara la 32°C) m³biogaz/m³fermentor·zi în Korea. Datorită disponibilității, fermentorul tip ”sac” a început să fie utilizat masiv în America Centrală (Umana, 1982).

În 2009 existau în China un număr de cca. 17 milioane (unele surse indică 37 milioane) de instalații gospodărești, cu volume de fermentare între 4-10 m³, din care însă numai cca. 50 % erau funcționale. Numărul instalațiilor tip ”sac” este de cca. 50.000 bucăți.

În **India**, prima încercare de construire a unei instalații de biogaz, din păcate nereușită, s-a petrecut în 1900 în Bombay. Prima instalație funcțională s-a construit în 1937 de către microbiologul S.V. Desai de la Institutul Indian de Cercetări Agricole (Indian Agricultural Research Institute - IARI). Acesta era de tip ”**cu clopot plutitor**” (floating dome), o invenție revoluționară. O instalație similară mult mai perfecționată a fost construită în 1956 de către Jashu Bai (Joshbai) Patel, un muncitor Gandhian din Gujarat, pe care a denumit-o ”Gramaxmi III”. În 1962 această instalație a fost recunoscută de agenția guvernamentală Khadi and Village Industries Commission (KVIC) din Bombay (Venkata Ramana, 1991), care cu mici modificări a promovat modelul pe scară largă, inclusiv în Nepal, de unde și numele alternativ de ”model KVIC”. Astfel, acest tip de instalație se regăsește în literatura de specialitate sub denumirile: tip Patel și model KVIC. În aceeași perioadă, guvernul statului indian Uttar Pradesh înființează la Ajitmel o stațiune de cercetare denumită ”Gobar Gas”. Aici se construiește o instalație ”cu capac fix” după modelul chinez, care va primi denumirea de ”**modelul Janata**”. Khandelwal și Mahdi descriu însă în 1986 același tip de instalație de biogaz, ca fiind promovată de comunitatea ONG-urilor indiene a AFPRO (Action for Food Production, o organizație creștinească pentru proiecte cu scop de producere a hranei). Deși mai ieftin cu 20-30 % comparativ cu modelul KVIC, este un model mai tehnic. Construcția instalațiilor de biogaz casnice a luat avânt începînd cu anul 1981, prin lansarea Proiectului Național de Promovare a Biogazului. În

1984 AFPRO începe să promoveze ”**modelul Deenbandhu**”, o variantă constructivă a soluției ”cu capac fix”. Conform datelor, acest model este mai ieftin cu 30 % ca modelul Janata și cu 45 % ca modelul KVIC. În 1999 existau în India peste 3 milioane de instalații casnice, până în 2007 fiind prevăzută construirea a încă cca. 4 milioane de unități (Guvernul Indiei, 2007). Din cele existente în general cca. 60 % erau nefuncționale.

În **Nepal** s-a generalizat construcția modelelor ”cu capac fix”, dintre care modelul Deenbandhu deține o pondere importantă. În anul 2009 existau 189.122 de unități rurale, cu o rată de reușită de 98 %. Dintre țările în curs de dezvoltare, Nepalul conduce detașat în privința numărului de unități de biogaz pe cap de locuitor. Conform datelor, cu o instalație de biogaz rurală medie din Nepal se poate economisi anual o cantitate de 2.000 kg lemne de foc, 1.000 kg deșeuri agricole, 250 kg dejecții animale uscate, 70 kg petrol și îngrășăminte chimice (respectiv 39 kg N, 19 kg P și 39 kg K).

Una dintre cele mai reușite programe privind construirea de instalații mici de biogaz este cea a fermentorilor în sistem ”**pachet**” sau ”**șarjă**” (batch) de pe fermele de porci Maya Farms din **Filipine**, construite începând din 1972 (Maramba, 1978). Prin utilizarea alternativă a peste 30 de instalații identice s-a putut obține o producție constantă de biogaz.

Un alt tip tehnologic de instalație de biogaz rurală este cel tip ”**piston**” (plug-flow). Acesta este similar cu modelul tip ”sac”. Un fermentor ”piston” tipic constă dintr-o tranșee etanșată cu beton sau folie din plastic, acoperită fie cu o membrană din plastic, fie cu un capac rigid metalic. Lungimea este considerabil mai mare comparativ cu dimensiunile secțiunii transversale, orientativ de peste 5 ori. Prima instalație documentată de acest tip a fost construită în 1957 în **Africa de Sud** (Fry, 1975). Termoizolată și încălzită la 35°C, cu o durată de fermentare de 40 zile și încărcare de 3,4 kgSU(substanță uscată)/m³·zi, cu această instalație s-a putut obține o producție specifică de 1,0-1,5 m³biogaz/m³volum fermentare·zi. În țările africane majoritatea instalațiilor de biogaz rurale este de tip ”cu capac fix”, însă numărul total al acestora este încă mult sub cel din Nepal.

În **America Centrală și de Sud, inclusiv Mexicul**, numărul instalațiilor de biogaz rurale este încă mult sub potențialul disponibil. Cea mai multe s-au construit în Brazilia, iar majoritatea lor se încadrează în categoria instalațiilor medii (comunitare - community based) și mari.

NOȚIUNI DESPRE FERMENTAREA ANAEROBĂ

Fermentarea anaerobă este un proces microbiologic complex, prin care materia primă (substratul) este convertit în biogaz și nămol fertilizant. În detaliu producerea biogazului se desfășoară în patru faze, însă în literatura

de specialitate se menționează fie trei, fie numai două, în funcție de gradul de detaliere dorit al subiectului. Cele patru faze sînt următoarele:

- faza 1: printr-un proces de hidroliză, datorită activității bacteriilor aerobe și facultativ anaerobe și enzimelor, materiile organice complexe polimerice (carbohidrați, acizi și proteine) sînt descompuse în materii organice macromoleculare mai simple (monomeri), precum zaharuri, acizi grași și aminoacizi

- faza 2: se mai numește și acidogeneză, deoarece materiile organice simple sînt descompuse de alte grupuri de bacterii specializate în compuși și mai simpli, în principal acizi organici, precum acizii carboxilici, alcoolii și diferite gaze: hidrogen (H₂), dioxid de carbon (CO₂), amoniac (NH₃) și hidrogen sulfurat (H₂S)

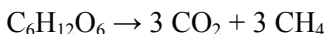
- faza 3: numită și acetogeneză, aceasta este o etapă strict anaerobă, în care se formează acid acetic (CH₃COOH), acid formic (HCOOH), metanol (CH₃OH) (sau alcool metilic sau spirt de lemn, un alcool simplu), bicarbonați (HCO³⁻), hidrogen și bioxid de carbon

- faza 4: numită și etapa de metanogeneză, în care ca urmare a activității bacteriilor metanogene din familia *Methanobacteria* se formează metanul (CH₄) și dioxidul de carbon (CO₂)

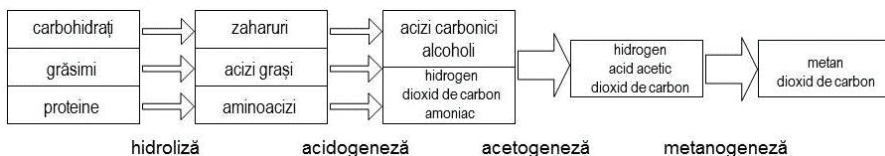
Ecuția formării biomasei (materiei organice), în speță a carbohidraților, cu ajutorul fotosintezei și energiei solare poate fi descrisă cu ecuația:



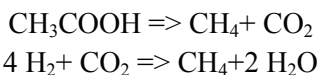
Ecuția chimică simplificată a fermentării anaerobe, respectiv a transformării biomasei, în speță a carbohidraților, în biogaz poate fi scrisă astfel:



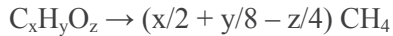
În figura următoare se prezintă schematic cele patru faze ale procesului de producere a biogazului:



În faza de metanogeneză, metanul se formează prin descompunerea acidului acetic și reducția CO₂ cu hidrogen în condiții strict anaerobe (pH= 6,7-8) de către metanobacterii, conform ecuațiilor:



Forma simplificată și aproximativă a formulei lui Buswell pentru calculul producției de metan din diverse substraturi este următoarea:



în care x , y și z reprezintă fracțiunea molară a componentelor.

În împărțirea pe trei faze, hidroliza și acidogeneza sînt considerate împreună, iar în aproximarea în două faze, sînt considerate împreună primele trei faze.

Fermentarea anaerobă este influențată în principal de următorii factori:

● **proprietățile substratului** (materiei organice introduse la fermentare), precum:

- raportul carbon/azot (C/N) (optim între C/N= 15-25)

De asemenea, trebuie să existe un raport optim între principalele substanțe nutritive, acesta fiind C:N:P = 100:41:1 (Kalkschmitt și Hartmann, 2001) sau C:N:P:S = 600:15:5:3 (Weiland, P., 2000), unde S este simbolul chimic al sulfului.

- fracțiunea organică biodegradabilă

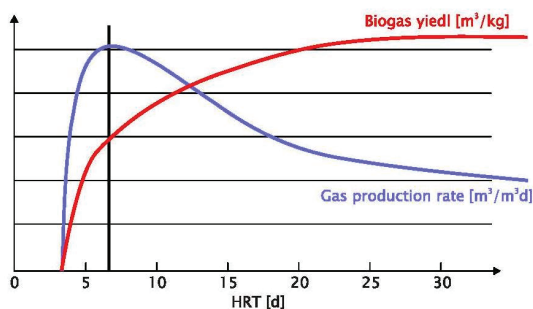
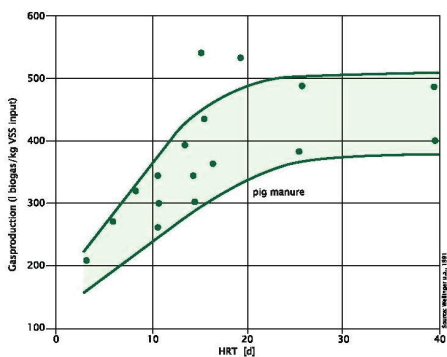
- umiditatea (minim 50 %, optim 90-95 %), în funcție de tehnologie

- dimensiunile particulelor (prezintă importanță în cazul materiei prime vegetale, ce trebuie tocată la dimensiunea de maxim 30 mm, bun între 10-20 mm și foarte bun între 1-5 mm)

- reacția amestecului (optim în zona neutră, cu o valoare medie de pH= 7,7 și o plajă de variație între pH= 6,7-8,4)

- conținutul în substanțe inhibitoare sau toxice pentru microorganisme (unele metale grele, deter-genți, dezinfectanți, surfactanți, antibiotice, erbicide, etc.); Nu pot fi introduse deci la fermentare apele uzate menajere ce conțin detergenți de bucătărie, dezinfectanți și surfactanți de toate tipurile sau antibiotice, acestea fiind letale pentru bacteriile din fermentator, cu efect de dezamorsare a instalației.

● **timpul de retenție hidraulică** (TRH, sau durata de fermentare): producția de biogaz crește cu durata fermentării; În funcție de temperatură, odată cu creșterea duratei de fermentare, producția de biogaz se apropie asimptotic de o valoare maximă (se plafonează). De aceea, mărirea volumului fermentatorului peste anumite limite devine neeconomică. De menționat că durata de retenție trebuie să fie mai mare la temperaturi mici și invers. Orientativ, pentru condiții criofile, durata de fermentare recomandată este de 30-150 zile, în condiții mezofile de 15-30 de zile, iar în condiții termofile de 2-5 zile. Influența duratei de fermentare asupra producției de biogaz se poate urmări pe cele două grafice prezentate, foarte sugestive (după Tusar, R.). Pe ambele grafice, pe abscisă se află durata de



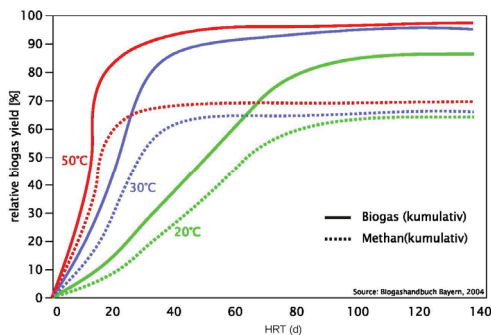
instalații noi. Pe graficul de jos, pe ordonată se află pe de o parte producția de biogaz, în m^3/kg substanță uscată organică introdusă la fermentare (curba roșie, crescătoare) și rata de producție, în m^3 biogaz/ m^3 volum de fermentare pe zi (curba albastră). Acest grafic arată foarte clar că, rata (viteza) de producție a biogazului variază foarte mult în funcție de TRH, ajungând la un maxim după cca. 7 zile de fermentare, după care viteza de generare scade, având ca urmare încetinirea producției totale, care tinde asimptotic către valoarea maximă. Această configurație este valabilă la modul general, pentru orice tip de materie organică supusă fermentării anaerobe și arată că prelungirea duratei de fermentare peste anumite limite este neeconomică deoarece, creșterea costurilor cu construirea și exploatarea instalației nu mai sînt compensate de creșterea suplimentară mică obținabilă.

- **temperatura:** cu cît temperatura este mai mare, cu atît mai mare este producția de biogaz; În natură fermentarea anaerobă se dezvoltă chiar la temperaturi foarte mici, de ordinul a $3\text{-}5^\circ\text{C}$ și chiar mai mici. În tehnologiile controlate se disting următoarele trei categorii de temperaturi de fermentare anaerobă:

- neîncălzit, adică în condiții criofile sau psihofile, între $10\text{-}25^\circ\text{C}$

fermentare sau timpul de retenție hidraulică (TRH) în zile. Pe graficul de sus, prin exemplul dejecției-lor de porcine (pig manure), pe ordonată este trecută producția de biogaz, în litri/kg substanță uscată organică introdusă la fermentare. Fîșia reprezintă zona rezultatelor obținute de la mai multe instalații. Graficul arată că, plaja valorilor reale este destul de largă, fapt de care trebuie ținut cont la întocmirea calculului teoretic de dimensionare a unei

- în condiții încălzite, mezofile, între 30-37°C
- în condiții încălzite, termofile, între 50-70°C



Efectul temperaturii asupra producției de biogaz poate fi exemplificată cu figura alăturată (după Tusar, R.). Pe abscisă se află durata de fermentare în zile, iar pe ordonată producția relativă, raportată la cea teoretică maximă. Se poate observa că, în cazul instalațiilor gospodărești, neîncălzite,

producția maximă se obține mai lent (cele două curbe inferioare). Și acest grafic are valabilitate generală, foarte asemănătoare pentru cele mai variate substraturi.

- **amestecarea** (agitarea): cu cât conținutul fermentatorului este mai omogen, cu atât mai mare este producția de biogaz; Acesta se explică prin aceea că, prin amestecare o mai mare parte a bacteriilor primește aport de substanțe nutritive, ceea ce contribuie la dezvoltarea lor.
- **presiunea**: la presiuni hidrostatice corespunzător unei coloane de apă de 4-5 m înălțime, producția de metan practic încetează; Din acest motiv la instalații mai mari, amestecarea permanentă a conținutului este o condiție obligatorie.

Nămolul fermentat (mranita de fermentare) este un foarte bun fertilizant. În procesul de fermentare azotul gazos se transformă în amoniac, însoțit și de nitrat, un compus al azotului stabil chimic. În aceste forme solubile în apă, azotul poate fi asimilat direct de plante ca nutrient. Un fertilizant deosebit de bogat în azot se poate obține dacă pentru diluția gunoierului proaspăt în locul apei se folosește urina. Folosirea urinei mai are și avantajul că este mai caldă, astfel aduce un aport de căldură în fermentor. Deoarece partea solidă a dejecțiilor conține mai mult fosfor, iar cea lichidă mai mult azot și potasiu, prin amestecarea lor rezultă un nămol fertilizant cu o compoziție practic optimă pentru plante, cu un raport al nutrienților de cca. $N:P_2O_5:K_2O = 1:0,5:1$ (fosforul asimilabil de către plante fiind exprimat în pentaoxid de fosfor, P_2O_5 , iar potasiul asimilabil în oxid de kaliu, K_2O).

Nămolul fermentat avînd un raport C/N mai mic comparativ cu cel al gunoierului de grajd proaspăt, este un fertilizant mai bun. Studiile arată că în practică prin utilizarea nămolului fermentat se pot obține producții vegetale mai mari cu 5-15 %. Caracteristicile unor substraturi fermentate (mranite de

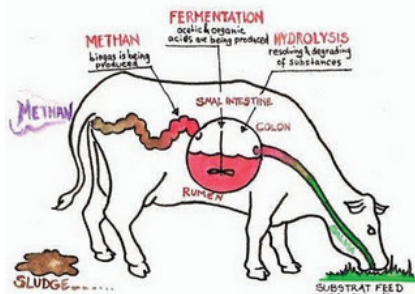
fermentare), rezultate din instalațiile de biogaz, în comparație cu gunoiul de grajd, se prezintă în tabelul de mai jos, preluat din [10]:

Parametru	UM sau notație	Gunoi de grajd proaspăt (preponderent bovine)	Gunoi fermentat / Mrațiță de fermentare			
			Amestec de gunoi de bovine și plante agricole	Amestec de gunoi de porcine și plante agricole	Amestec de plante agricole	Amestec de diverse deșeuri organice și plante agricole
Substanță uscată	SU (%MP)	9,1	7,3	5,6	7,0	6,1
Reacția chimică	pH	7,3	8,3	8,3	8,3	8,3
Raportul carbon/azot	C/N	10,8	6,8	5,1	6,4	5,2
			kg/t MP			
Nitrogen (azot) total	N	4,1	4,6	4,6	4,7	4,8
Azot amoniacal	NH ₄ -N	1,8	2,6	3,1	2,7	2,9
Fosfor	P ₂ O ₅	1,9	2,5	3,5	1,8	1,8
Kaliu (potasiu)	K ₂ O	4,1	5,3	4,2	5,0	3,9
Magneziu	MgO	1,02	0,91	0,82	0,84	0,7
Calciu	CaO	2,3	2,2	1,6	2,1	2,1
Sulf	S	0,41	0,35	0,29	0,33	0,32
Substanță organică	SUo	74,3	53,3	41,4	51,0	42,0

NOTĂ: SUo – substanță uscată organică, MP – masă proaspătă

În interpretarea datelor din cuprinsul acestui material trebuie avut în vedere că, în lipsa unor mențiuni exprese, acestea se referă la rezultatele obținute de la instalații de biogaz încălzite, mezofile, cu amestecare. Acest aspect este deosebit de important deoarece, datele din diferite surse pot diferi esențial chiar și din motivul că unele se referă la SU, iar altele la SUo. De aceea, datele care nu indică baza de raportare, trebuie considerate ca nesigure. La fel, rezultatele de la instalațiile gospodărești neîncălzite pot diferi destul de mult de cele industriale, încălzite, cu amestecare. Chiar și în datele privind caracteristicile materiilor prime – care constituie datele de bază ale proiectării oricărei instalații de biogaz, se constată uneori diferențe destul de mari.

Un exemplu de biotehnologie naturală a biogazului arată ca în figura alăturată. Rumenul rumegătoarelor și în special al bovinelor este cel mai simplu reactor anaerobic, cu alimentare secvențială, mezofilă, cu amestecare completă și o singură treaptă, de mare eficiență. O vacă de lapte produce zilnic între 100-200 l de metan (dr. Hubert Zellmann, 2006).



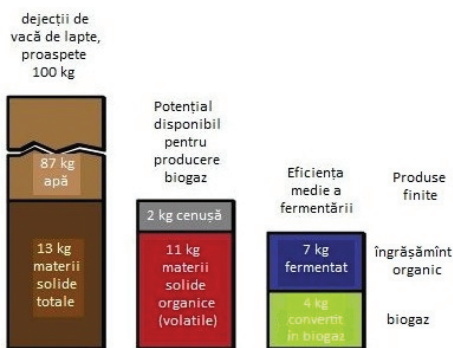
SCURTĂ PREZENTARE A TEHNOLOGIEI BIOGAZULUI

Producerea biogazului în condiții controlate de om este una dintre biotehnologiile. Tehnologia biogazului de astăzi este o formă modernă, ecologică a unei tehnologii potrivite pentru descompunerea materiei organice de către bacteriile putrefactive în condiții de temperatură adecvate și stabile.

Substratul

Substratul sau materia organică adecvată supusă fermentării este foarte variată, putând fi grupat astfel:

- dejecții animaliere sau gunoi de grajd, de la bovine, porcine, caprine, ovine, păsări de curte, iepuri, cabaline, etc., inclusiv urina
- plante agricole (cereale), precum porumb, floarea-soarelui, secară, lucernă, cartofi, sfeclă, orz, orez, etc.
- plante verzi sau deșeuri de plante (mai puțin cele lemnoase, deoarece au un conținut de lignin foarte mare, iar ligninul nu poate fi descompus prin fermentare anaerobă), precum fîn, deșeuri din tăierea gazonului și plante de grădină
- deșeuri agroindustriale, precum ape uzate sau produse secundare bogate în proteine (de la fabrici de prelucrare a laptelui, fabrici de bere, fabrici de pâine), ape uzate bogate în carbohidrați (fabrici de zahăr, laboratoare de cofetărie și patiserie, fabrici de băuturi alcoolice), reziduuri bogate în grăsimi și proteine (grăsimi separate din apele uzate orășenești și agroindustriale: abatoare, carmangerii, turte de in, rapiță, etc.) și altele
- de la om: dejecții umane (fecale și urină din latrine), nămol activ din instalații de epurare, reziduuri biologice, resturi de mâncare, resturi și reziduuri de legume și fructe, ulei de la prăjit, lapte stătut, etc.



Trebuie reținut că, numai componenta organică a materiilor solide din substrat poate fi utilizată pentru producerea biogazului. Figura alăturată arată prin exemplul dejecțiilor de vacă de lapte transformarea anaerobă a materiei organice. În tabelul următor se prezintă sintetic cantitățile dejecțiilor de la diversele animale de fermă și de la

om, cu compoziția acestora în substanțe nutritive, prelucrat pe baza surselor de documentare:

Sursa	Dejecții (guroi)					Substanțe nutritive în partea solidă, SU					
	solide		lichide (urina) (l/zi)	Total		Azot (N)		Fosfor, în P ₂ O ₅	Kaliu, în K ₂ O	Magneziu, în MgO	Calciu, în CaO
	cantitate	SU		cantitate	SU	total	din care NH ₄ -N				
	(kg/zi)	(%)	(kg/zi)	(%)							
Guroi de grajd (cu așternut)						conținut (kg/t)					
Bovine	20-30	23	10-15	30-40	-	5,5	1,3	3,0	9,1	2,4	
Porcine	1,2-2,5	23	2,5-4,5	3,7-6,0	-	7,3	1,9	6,4	7,9	3,0	
Cabaline	15-20	28	4-5	19-24	-	4,8	1,4	3,1	9,4	2,0	
Ovine	1,5-2,5	37	0,6-1,0	2,1-3,3	-	10,1	2,3	5,4	13,2	4,2	
Caprine		30				8,0	2,2	6,0	20,0	1,0	
Iepuri		30				18,0		19,0	45,0		
Rațe	0,022	30				4,0		3,0	11,0	1,0	
Giște	0,03	30				8,0		6,0	11,0		
Curcan	0,05-0,06	49				17,5		18,6	16,2	7,0	17,2
Găini	0,05	30				18,1	2,5	12,5	10,3	8,1	12,7
		60				30,3	5,0	21,8	20,9	10,4	34,1
Guroi proaspăt (fără așternut)						conținut (kg/m ³)					
Vacă de lapte și bovine				30-40	6	3,2	1,8	1,4	3,9	1,0	
			8		3,9	2,2	1,7	4,6	1,3		
			10		4,6	2,5	2,1	5,2	1,5		
Taur de prăsilă				30-40	7	3,8	2,2	1,8	4,0	1,1	
			10		4,7	2,6	2,2	4,9	1,5		
Vitei și tăurași					2	2,8	2,3	1,2	3,3	0,5	
Porc la îngășat				3,7-6,0	3	4,3	3,4	1,8	3,2	0,9	
			5		5,6	4,2	2,8	3,8	1,3		
			7		6,5	4,7	3,9	4,4	1,9		
Scroafă				3,7-6,0	2	2,8	2,2	1,2	2,0	0,6	
			4		4,0	3,0	2,3	2,6	1,0		
Purcel					5	4,5	3,1	2,4	3,0	1,0	
Găini	0,003				11	7,8	4,8	5,8	4,5	6,0	9,5
Fermentat de ameștec de dejecții ani-maliere, evacuat din instalații de biogaz (mranița de biogaz)						conținut (kg/m ³)					
					5,0-6,5	4,2-4,5	1,6-3,2	1,4-1,5	3,5-4,9	0,50	
Excreții umane					raportate la SU (%)						
	Cantitate (g/zi)	SU (g/zi)	SU _o (%)	pH	Carbon total (C)	Azot total (N)	Fosfor, în P ₂ O ₅	Kaliu, în K ₂ O	Magneziu Mg	Calciu, în CaO	Raport C/N
Fecale	140-340	40-80	75-87	5,3 (8-8,7)	45-60	5-7	3-5,4	1,0-2,5		4-5	8-10
Urină	1.200-1.500	50-70		4,6-7,5 (9,1)	11-17	15-19	2,5-5,0	3,0-4,5		4,5-6,0	0,65-0,9

Compoziția urinei în substanțe nutritive, prelucrat pe baza surselor de documentare, se prezintă în tabelul următor:

Proveniența	Umiditatea w (%)	Materii organice (%)	Azot total (N) (%)	Fosfor, în P ₂ O ₅ (%)	Kaliu, în K ₂ O (%)
Bovine	90-93	3-6	0,2-1,0	0,10-0,15	0,6-1,8
Porcine	94-97	2-3	0,4-0,6	0,05-0,15	0,8-1,0
Cabaline	89-93	5-7	0,5-1,6	0,01-0,05	0,6-1,8
Ovine	87-91	7-8	1,4-1,6	0,10-0,15	1,5-2,0

Compoziția unor substraturi vegetale se prezintă în tabelul de mai jos:

Denumirea	SU (%)	SUo (%)	N (%SU)	P ₂ O ₅ (%SU)	K ₂ O (%SU)
Porumb însilozat	28-35	85-98	2,3-3,3	1,5-1,9	4,2-7,8
Plante de cereale	30-35	92-98	4,0	3,25	
Ierburi însilozate	25-50	70-95	3,5-6,9	1,8-3,7	6,9-19,8
Semințe de cereale	87	97	12,5	7,2	5,7
Sfeclă de zahăr	23	90	1,8	0,8	2,2
Sfeclă furajeră	16	90			
Borhot de bere	20-25	70-80	4-5	1,5	
Borhot de cereale	6-8	83-88	6-10	3,6-6	
Deșeu de gazon tăiat	12	87	2,5	4	

Raportul carbon/azot pentru câteva substraturi mai frecvent utilizate se prezintă în tabelul următor:

Denumire	Conținut carbon C (%)	Conținut azot N (%)	Raportul C/N	Denumire	Conținut carbon C (%)	Conținut azot N (%)	Raportul C/N
Dejecții de bovine	7,3	0,29 1,7	25 13-25	Morcovi		1,6	27
Urină bovine		15-18	0,8	Varză		3,6	12
Dejecții de porcine	7,8	0,65	12-13 9	Zarzavaturi neleguminoase		2,54	11-19
Urină porcine			6	Vrejuri de cartof	40	1,8	22
Dejecții de cabaline	10	0,42 2,3	24 25	Tuleie de porumb	40	0,75 0,8	53-60 50
Dejecții de ovine	16	0,55 3,8	19 29-33	Paie de grâu	46	0,53 0,3(0,5)	87-90 128(125)
Dejecții de caprine			12	Lucernă	48	2,6	18
Dejecții de găini	45	3 3,2 (6,3)	15 7 (7,3) 10-25	Paie de ovăz	42	0,75 1,05(1,1)	56 48(50)
Dejecții de rață		0,8	27,4	Paie de orez	42	0,63 (0,7)	67-70(51)
Resturi de bucătărie		1,9	28 (9-17)	Trifoi			2,7
Pîine uscată (veche)			42	Frunze	41	1	41(50)
Lujere de roșii		1,5	25	Iarbă verde	15	0,6 (2,5)	25 (16)
Roșii		3,3	12	Deșeuri de abator		7-10	2-4

Tehnologia

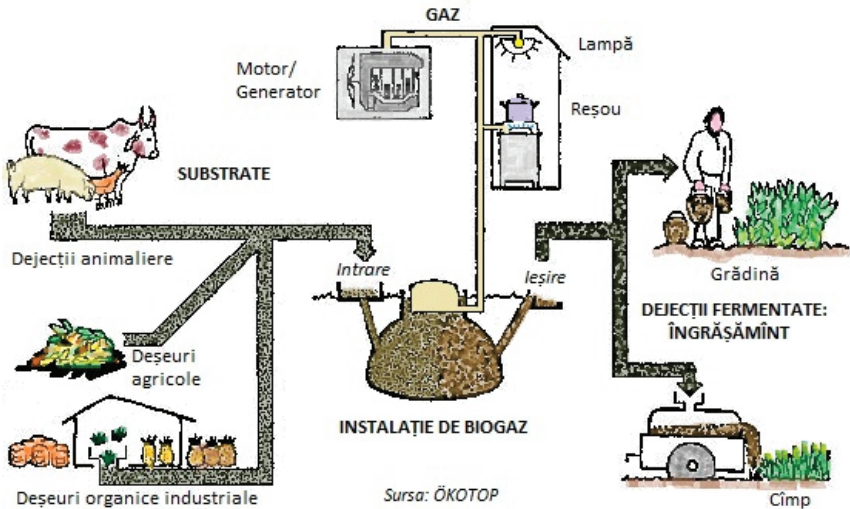
Deși principiul de bază este același, pentru producerea biogazului s-au dezvoltat numeroase tehnologii, diferențiate în funcție de următorii parametri tehnologici principali:

- continuitatea procesului: secvențială (în șarje sau discontinuă) (batch) sau continuă
- temperatura de fermentare: crioofil (psihrofil), mezofil sau termofil
- conținutul substratului în materii solide: mare, medie sau mică (respectiv cu grad de umiditate redus, mediu sau mare)

Se menționează că prin folosirea unui substrat din amestec de materii prime contribuie întotdeauna la creșterea producției de biogaz, datorită efectului sinergic (de stimulare reciprocă) a diferitelor elemente nutritive de stimulare a culturilor bacteriene din fermentator. Conform literaturii de specialitate, câștigul obținabil variază între 5-15 %.

- complexitate: fermentare într-o singură treaptă sau în două trepte

Desigur, această diferențiere este valabilă îndeosebi la instalațiile medii și mari și mult mai puțin este aplicabil la instalațiile mici, gospodărești. O imagine de ansamblu a unui sistem rural de biogaz se prezintă ca mai jos:



Deoarece rezultatele pentru instalațiile de biogaz rurale provin practic în întregime de la cele din țările în curs de dezvoltare, fie din zone tropicale, fie din zone reci, cu variația diurnă și sezonieră a temperaturii de ordinul câtorva zeci de grade Celsius, cu o dietă a animalelor mult diferită

de cele din țările din zonele temperate, cu practici de alimentare și de exploatare foarte variate, ele nu pot fi utilizate în condițiile țărilor cu climă temperată decât ca exemple orientative. Ceea ce este important de reținut este că, ele demonstrează eficacitatea și utilitatea tehnologiei biogazului și la scară mică.

În tabelul de mai jos se prezintă informativ producția de biogaz maximă teoretică obținabilă prin fermentare anaerobă, cu mențiunea că, acestea se bazează preponderent pe rezultate obținute în instalații încălzite, mezofile, cu amestecare mecanică continuă. Astfel, pentru instalațiile gospodărești, neîncălzite și de obicei neamestecate artificial, nu se poate conta decât pe valori mai mici, în general mult mai modeste, dar care – conform experienței țărilor în curs de dezvoltare, pot face viabilă o instalație de biogaz gospodărească.

Volumul biogazului în tabel reprezintă cel raportat la starea normală de comparație a gazelor, respectiv presiunea atmosferică de 760 mmHg (milimetri mercur)= 760 torr= 1013 mbar (milibar)= 1013 hPa (hectoPascal)= 101325 N/m² (Newton pe metrupătrat), de la nivelul mării și temperatura de 0°C. Volumul gazelor la presiunea normală se diferențiază printr-o denumire specială: normal metricub, avînd notația Nm³. Din acest motiv, în lipsa unor precizări exprese, volumul gazelor se consideră date întotdeauna în Nm³.

Denumire substrat	Producție de biogaz		Conținut de metan CH ₄ (%)	Denumire substrat	Producție de biogaz		Conținut de metan CH ₄ (%)
	(m ³ /t MP)	(m ³ /t SUo)			(m ³ /t MP)	(m ³ /t SUo)	
Dejecții de bovine	20-30	200-500	55-60	Porumb însilozat	160-180	450-700	50-55
Gunoii de grajd bovine	40-50	210-300	60	Tuleie de porumb, tocate	310	500	83
Dejecții de porcine	20-35	300-700	60-70	Secară însilozată	170-220	550-680	55
Gunoii de grajd porcine	55-65	270-450	60	Paie de grâu, tocată		370	51
Dejecții de cabaline p.	80-90	300-400	66	Paie de orz, tocată	232	310	77
Dejecții de cabaline u.		200-300	66	Paie de orez, tocată		360	75
Dejecții de ovine p.	95-105	400-500	65	Paie de ovăz, tocată	262	350	
Dejecții de găini p.	55	470-500	60-64	Paie de rapiță, tocată	167	240	
Dejecții de găini u.	70-100	250-500	60-64	Lucernă		445	78
Resturi de bucătărie	50-480	200-500	45-60	Fineț proaspăt	380-420	480-520	84
Piine uscată (veche)		482-760	53	Lujeri sfeclă de zahăr	70	550-600	54-55
Lujere de roșii, tocați		600	75	Sfeclă de zahăr	170-180	800-860	53-54
Deșeuri zarzavaturi	50-70	400-600	60	Sfeclă furajeră		780-840	53-54
Coajă de cartofi	68		58-65	Deșeuri gazon	150-200	550-680	55-65
Vrejuri de cartof		280-490		Frunze	279	400	58
Borhot de bere	105-130	580-750	59-60	Fecale umane		240	50

NOTĂ: SUo – substanță uscată organică; MP – masă proaspătă
u – uscat; p - proaspăt

În vederea aprecierii rapide a potențialului de producție a biogazului într-o gospodărie, în tabelul ce urmează sunt indicate câteva cifre-cheie:

Sursa	Producție de biogaz (Nm ³)	
	anuală	zilnică
Vacă de lapte, 20 m ³ dejecții proaspete/an (55 l/zi)	500	1,37
Porcine, 1,5-6 m ³ dejecții proaspete/an (4,1-16,5 l/zi)	42-168	0,115-0,46
Vită, 3-11 t gunoi de grajd/an (8,2-30 kg/zi)	240-880	0,66-2,4
Cal, 8 t gunoi de grajd/an (22 kg/zi)	504	1,38
100 găini, 1,8 m ³ dejecții uscate/an (4,9 l/zi)	252	0,69

Valorile orientative ale consumurilor de biogaz tipice pentru diferite utilizări pot fi apreciate pe baza datelor de mai jos:

Tip consum	Necesar de biogaz	Durata	Eficiența transformării
Preparare hrană pe reșou	0,1-0,3 Nm ³ /pers		55 %
Cuptor	~ 0,5 Nm ³ /h		
Încălzire apă 1 l (100°C)	0,03-0,04 Nm ³	8-12 min	
Încălzire apă 5 l (100°C)	0,11-0,14 Nm ³	30-40 min	
Preparare apă caldă menajeră în boiler, 50 l (45°C)	~ 0,6 Nm ³	8 ore	
Încălzire locuință la 20-22°C	0,025-0,04 Nm ³ /h·m ³ _{vi}		
Lampă biogaz 60 W (lumină)	0,1-0,15 Nm ³ /h		3 %
Motor cu ardere internă pt. cogenerare - eficiența globală - eficiența generării electrice (electrică) - eficiența generării de căldură (termică)	0,6-0,7 Nm ³ /kWh ~ 85 % 33-45 % 35-56 %		24-28 %

NOTĂ: Vi înseamnă ”volum interior”, adică volumul spațiului interior al încăperii. Astfel de exemplu, pentru o încăpere cu suprafața interioară de 20 m² și înălțime interioară de 2,5 m, volumul interior va fi de 50 m³. Socoțind durata de încălzire necesară de 10 ore/zi, rezultă un necesar de biogaz de (0,025-0,04)·50= (1,25-2,0) Nm³/h·10 h= 12,5-20 Nm³/zi.

Din exemplul prezentat rezultă că, necesitățile de încălzire a spațiilor depășesc posibilitățile unei instalații de biogaz gospodărești obișnuite, și aceasta cu atât mai mult cu cât, necesitatea încălzirii intervine în perioada de iarnă, când producția de biogaz oricum este mai scăzută cu cca. 40-50 %.

În cele ce urmează se prezintă câteva variante de mărimi și rețete de alimentare pentru instalații de biogaz gospodărești:

Instalație cu volum de fermentare V _f = 4 m ³							
Materie primă	Cantitate (kg/zi)	Apă (kg/zi)	Total șarjă		TRH (zi)	C/N	Biogaz (Nm ³ /zi)
			(kg/zi)	(l/zi)			
Dejecții vacă de lapte, 2 capete	50	50	100	100	40	25	1,0

Instalație cu volum de fermentare $V_f = 4 \text{ m}^3$							
Materie primă	Cantitate (kg/zi)	Apă (kg/zi)	Total șarjă		TRH (zi)	C/N	Biogaz (Nm^3/zi)
			(kg/zi)	(l/zi)			
Dejecții vacă de lapte, 1 cap	25	15	58	59	67,8	21,6	1,3
Dejecții porcine, 5 capete	10						

Instalație cu volum de fermentare $V_f = 8 \text{ m}^3$							
Materie primă	Cantitate (kg/zi)	Apă (kg/zi)	Total șarjă		TRH (zi)	C/N	Biogaz (Nm^3/zi)
			(kg/zi)	(l/zi)			
Dejecții vacă de lapte, 3 capete	75	15	161	157	51	22,5	2,14
Dejecții porcine, 10 capete	20						

Instalație cu volum de fermentare $V_f = 8 \text{ m}^3$							
Materie primă	Cantitate (kg/zi)	Apă (kg/zi)	Total șarjă		TRH (zi)	C/N	Biogaz (Nm^3/zi)
			(kg/zi)	(l/zi)			
Dejecții vacă de lapte, 4 capete	100	75	175	172	46,5	25	1,94

CARACTERISTICILE BIOGAZULUI

În literatura de specialitate și în această privință se pot constata uneori diferențe semnificative. Desigur, proprietățile biogazului depind în esență de raportul principalilor componenți – metanul și bioxidul de carbon, însă și influența hidrogenului sulfurat poate fi destul de importantă. Hidrogenul sulfurat rezultă în proporție mai mare la fermentarea substratelor cu conținut ridicat de proteine (deșeuri de abator, lapte și produse din lapte, resturi de mâncare, etc.). În tabelul următor se poate urmări compoziția medie a biogazului:

Denumirea	Formulă chimică	Concentrația volumetrică (%)	Proprietățile principale sub aspectul influenței asupra utilizării biogazului
Metan	CH_4	45-70	Componenta energetică, $P_{ci} = 35,88 \text{ MJ/Nm}^3$, dăunător sănătății
Dioxid de carbon	CO_2	25-55	Gaz însoțitor fără valoare energetică, asfixiant
Apă (vapori)	H_2O	2-7	Fără valoare energetică, corosiv
Hidrogen sulfurat	H_2S	< 2	Gaz corosiv, otrăvitor, urât mirositor, prin ardere formează bioxid de sulf (SO_2), o substanță poluantă a aerului și care contribuie la coroziune prin formarea cu apă a acidului sulfuric (H_2SO_3) și acidului sulfuric (H_2SO_4)
Hidrogen	H_2	< 1	Gaz foarte ușor inflamabil, $P_{ci} = 10,78 \text{ MJ/Nm}^3$
Azot (nitrogen)	N_2	< 2	Micșorează valoarea energetică, prin ardere formează oxizi (NO_x), poluanți ai aerului
Oxigen	O_2	< 2	
Amoniac	NH_3	< 0,5	Gaz corosiv, inflamabil

La utilizări semiindustriale și mai mari, biogazul este purificat de conținutul de bioxid de carbon, hidrogenul sulfurat și vaporii de apă (uscat). Pentru utilizarea în autovehicule este necesară comprimarea la 22 bar. De asemenea, biogazul este comprimat și în cazul injectării în sistemele de distribuție a gazelor naturale.

Deși pentru reținerea parțială a hidrogenului sulfurat există metode simple ce pot fi utilizate la instalațiile de biogaz gospodărești, utilizarea acestora este costisitoare și uneori periculoasă, de asemenea introduc pierderi de presiune în instalația de conducte. Din acest motiv în practică aceste tehnici nu s-au generalizat.

În calculele energetice de valorificare a biogazului, în privința proprietăților acestuia ca și gaz combustibil trebuie avute în vedere mai multe aspecte: conținutul de metan, altitudinea amplasamentului, temperatura medie a aerului în amplasament și variația sezonieră a acesteia. Astfel, puterea calorifică a gazelor scade cu altitudinea și cu creșterea temperaturii. În acest sens se pot găsi informații detaliate în literatura de specialitate. Pentru exemplificare orientativ se arată că, în comparație cu puterea calorifică a biogazului cu un conținut de metan de 60 %, la nivelul mării și la temperatura de 20°C, de $P_{ci} = 19,9 \text{ MJ/m}^3$, la nivelul mării și la $t = 40^\circ\text{C}$ de $P_{ci} = 18,54 \text{ MJ/m}^3$ (93%), la altitudinea de 1000 mdM (m deasupra mării) și $t = 20^\circ\text{C}$ este de numai $P_{ci} = 17,77 \text{ MJ/m}^3$ (89%), iar la $A = 1000 \text{ mdM}$ și la $t = 40^\circ\text{C}$ de $P_{ci} = 16,56 \text{ MJ/m}^3$ (83%).

Proprietățile principale ale biogazului, la starea normală a gazului și pentru o compoziție standard se arată în tabelul de mai jos (prin prelucrarea datelor din mai multe surse):

Caracteristică	UM	Valoare
Compoziție standard	-	60% CH ₄ +40% CO ₂
Putere calorifică inferioară, P _{ci}	kcal/Nm ³	5.135
	MJ/Nm ³	21,5
	kWh/Nm ³	5,97
Limite de explozie în aer	%	9...23 (6...12)
Temperatura de aprindere	°C	650...750
Temperatura flăcării	°C	~ 870
Densitate	kg/Nm ³	1,2-1,22
Densitate relativă în raport cu aerul	-	0,94
Viteza de ardere	cm/s	35-40 (< 25)
Aerul necesar arderii complete	m ³ /Nm ³	5,7

NOTĂ: kcal= kilocalorie; MJ= megajoule (milioane joule); kWh= kiloWattoră

Se subliniază că, la proporția de metan sub cca. 54 %, densitatea biogazului devine mai mare ca cea a aerului (1,29 kg/m³), cu o densitate

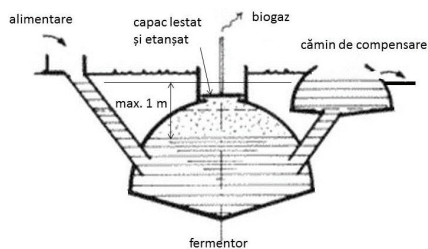
relativă de $1,04 \text{ kg/Nm}^3$, ceea ce impune precauții speciale în exploatarea instalației, biogazul putându-se acumula în părțile joase ale încăperilor. Acesta este celălalt motiv pentru care în primele zile biogazul trebuie eliminat în atmosferă. Limitele de explozie în aer indicate în paranteză se referă la un conținut de metan de 65 %.

TIPURI DE INSTALAȚII DE BIOGAZ GOSPODĂREȘTI

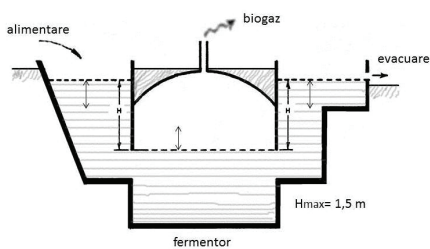
Figurile exemplificative ale principalelor tipuri consacrate ale diferitelor tipuri de instalații de biogaz gospodărești, prezentate mai jos, sunt rezultatul prelucrării prin compilarea schițelor din mai multe surse bibliografice, corectate pentru a putea oferi o sugestie clară și adnotate în limba română în scopul înțelegerii ușoare.

1. Cu capac fix (fixed dome)

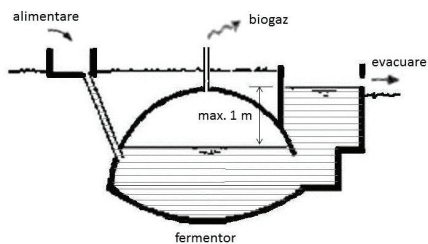
Caracteristica comună a acestor tipuri de instalații este presiunea mare a biogazului produs, de pînă la 1,0-1,5 mCA (metri coloană de apă) (100-150 mbar (milibar)) și fluctuația frecventă și neregulată a presiunii în limite largi. Acest aspect face mai dificilă utilizarea, deoarece flacăra trebuie urmărită atent și în permanență. Avantajul lor în comparație cu variantele cu clopot plutitor este aceea că sînt mai ieftine. Corpul sau bolta sub formă de cupolă nu este întîmplătoare, deoarece aceasta asigură posibilitatea execuției și din zidărie, avînd forma optimă din punct de vedere al rezistenței. O variantă constructivă a modelului de bază din China este cu gazometru separat, ceea ce permite reducerea volumului fermentatorului prin reducerea volumului de compensare pentru biogazul produs. Săgețile cu vîrf dublu indică sensul de variație al nivelului nămolului în exploatare.



China
cupolă sferică (dome shaped)



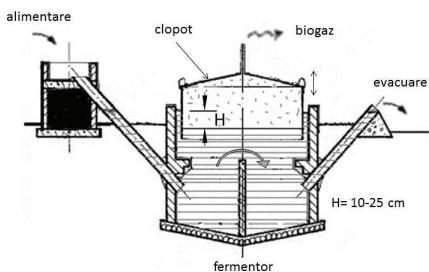
India
model Janata



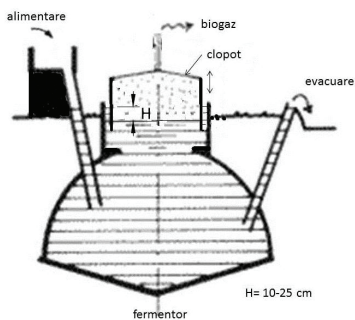
India
model Deenbandhu

2. Cu capac plutitor (floating dome)

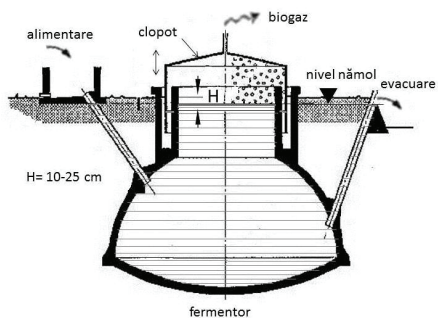
Modelele cu capac plutitor au caracteristica comună principală avantajul de a asigura o presiune constantă, indiferent de variațiile condițiilor de fermentare sau datorită utilizării. Ele pot fi de două tipuri constructive: cu clopot imersat direct în substratul ce se fermentează sau într-un inel de apă. În primul caz instalația este mai ieftină, însă are dezavantajul că substratul se lipește repede de clopot. Un alt dezavantaj este cel datorat coroziunii mai intense a clopotului metalic. Clopotul poate fi executat și din materiale plastice (uzual poliester armat cu fibre de sticlă-PAFSIN). În funcție de condițiile specifice ale amplasamentului, clopotul se poate afla mai mult sau mai puțin deasupra nivelului terenului. În situația în care clopotul se află mai mult deasupra nivelului terenului, se prevede un cadru de ghidaj, care nu s-a figurat pe schițe. Și aceste modele pot fi cu gazometru separat, caz în care fermentorul (fermentatorul) se închide cu un capac rigid. Presiunea biogazului poate varia între 10-25 cmCA (10-25 mbar). Presiunea se asigură prin lestarea clopotului, deoarece greutatea proprie a acestuia este insuficientă. Pentru îmbunătățirea condițiilor de fermentare, traseul substratului poate fi șicanat. Cea mai simplă soluție este cea cu perete transversal retras pe înălțime.



India
model KVIC



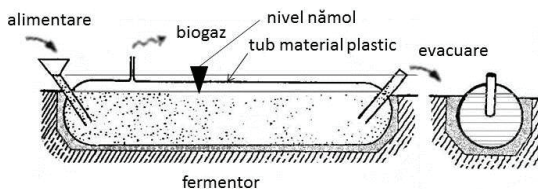
clopot plutitor
simplu



clopot plutitor
cu inel de apă

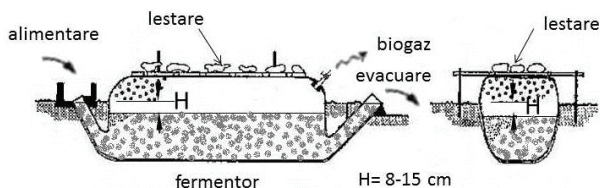
3. Model tip sac (bag)

Acest tip de instalație este cea mai simplă posibilă constructiv. Instalația are avantajul că se încălzește rapid datorită grosimii reduse a membranei elastice. De obicei este și mai ieftin comparativ cu celelalte tipuri anterioare, prețul însă este influențat în foarte mare măsură de posibilitățile de procurare și de natura materialului plastic. Cel mai ieftin material este PVC-ul, în special de tip RMP. Deși este cel mai simplu, are dezavantajul unei durate de viață foarte mici, de 2-5 ani, precum și vulnerabilitatea la rupere. În acest caz, reparațiile sunt costisitoare, deoarece este nevoie de aparat de sudură cu aer cald și specialist cu experiență. Durata de viață mai mare se poate obține prin acoperirea cu o folie transparentă, care asigură protecție împotriva razelor ultraviolete, care îmbătrânesc orice material plastic, acesta devenind fragilă. În practică s-au dezvoltat două tipuri: fără și cu lestarsă.



fermentor

fermentor tip sac



fermentor

H=8-15 cm

fermentor tip sac lestarsă

Din punct de vedere tehnologic, cea mai potrivită metodă de alimentare a instalațiilor de biogaz gospodărești este cea continuă. Prin aceasta se înțelege o alimentare regulată, zilnică, preferabil în același interval orar al zilei, cu o șarjă de compoziție constantă și de aceeași cantitate. Orice modificare bruscă în compoziție și cantitate disturbă procesele biologice, avînd drept consecință o scădere a producției de biogaz, iar revenirea la condiții stabile este de durată. Explicația acestui fenomen constă în aceea că, prin amestecarea unor substraturi cu reacție chimică (valoare pH) diferită are ca efect producerea rapidă de hidrogen sulfurat (H_2S), bioxid de carbon (CO_2) și amoniu (NH_3). În cazul în care se vrea trecerea la o altă categorie de materii prime, aceasta se poate face în două moduri: prin trecerea treptată, constînd din modificarea treptată a compoziției șarjei de alimentare pe durata de fermentare și trecerea bruscă, în care caz întîi se va goli complet fermentatorul și apoi reumple cu noul tip de materie primă. În primul caz producția de biogaz va fi continuă, însă diminuată pe perioada de tranziție, pe cînd în al doilea caz trebuie avut în vedere că producția maximă de biogaz se va atinge numai după o perioadă de cel puțin 5-6 săptămîni.

Oricare tip de instalație mai are însă și alte componente. Biogazul conține și vapori de apă, precum și particule fine de nămol. Imediat ce părăsește instalația, biogazul se răcește, iar vaporii de apă se condensează. Condensul se poate acumula și forma un dop de apă, iar o parte din vaporii de apă și particulele fine de nămol pot ajunge în instalațiile de utilizare. În scopul protecției acestora, conductele de legătură se montează cu pante coborîtoare spre puncte joase, unde se montează separatoare de condens. De asemenea, se recomandă intercalarea pe conducta de legătură principală, a unui opritor de flacără, cu care se poate preveni eventuala explozie a fermentorului și/sau a gazometrului. Este utilă și montarea unui manometru înaintea instalațiilor de utilizare. Datorită acțiunii corozive a biogazului netratat, în acest scop cel mai recomandat tip este manometrul cu tub transparent cu apă.

În privința amplasării instalației trebuie avute în vedere și cerințele de prevenire și protecție împotriva eventualelor incendii, precum și distanța pînă la locul de utilizare. Distanța minimă a instalației de la orice construcție (grajd, locuință, etc.) trebuie să fie de 3,0 m, socotită de la perete la perete (adică de la dimensiunile de gabarit). Din punct de vedere al pierderilor de presiune pe conducta de legătură, pentru evitarea supradimensionării acesteia, lungimea ei se limitează la 25-30 m.

Instalațiile de utilizare pot fi arzătoare tip reșou, lămpi de iluminat și, la instalațiile mai mari, motoare cu ardere internă speciale pentru

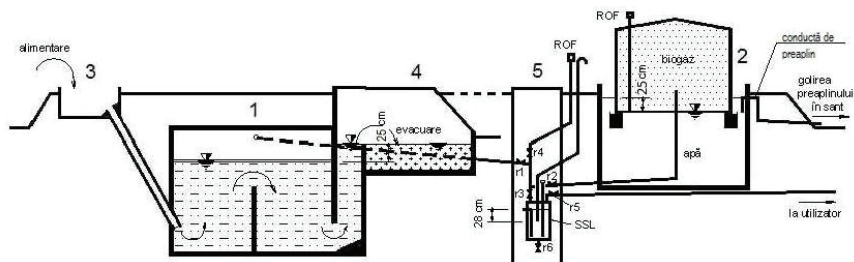
funcționarea cu biogaz, capabile să producă energie electrică și după caz și termică (prin recuperarea căldurii apei de răcire și gazelor arse).

Dintre variantele tehnologice și tipurile constructive prezentate, în țările mai dezvoltate cele mai convenabile instalații s-au dovedit a fi cele cu alimentare continuă, cu un conținut al substratului în materii solide mic, cu o singură treaptă de fermentare, cu clopot plutitor comasat cu fermentatorul.

În privința deciziei de construcție a unei instalații de biogaz se recomandă a se avea în vedere cifrele ce reflectă ponderea eșecurilor, arătate anterior. Dacă în cazul instalațiilor gospodărești din țările în curs de dezvoltare cauza principală a nereușitei este cea a construcției de slabă calitate, avînd drept consecință lipsa de etanșeitate a fermentorului, în SUA (instalații medii, semiindustriale) eșecul se datorează în principal supraestimării rezultatelor, pieței nesigure a energiei electrice din biogaz și lipsei instruirii adecvate a personalului. Ca urmare, deși o instalație de biogaz poate aduce multiple beneficii, pe lîngă determinare trebuie luate foarte serios în considerare importanța unei construcții de cea mai bună calitate și necesitatea unei exploatați conștiincioase. Improvizațiile de orice natură vor compromite sigur întreg efortul depus. În acest sens se subliniază importanța deosebită a etanșeității construcției, atît la apă, cît și la gaz.

MODELUL UTILIZAT ÎN PROIECTUL DEMONSTRATIV

În proiectul demonstrativ din satul Maiad, comuna Gălești, județul Mureș, s-a propus inițial un model compact, după varianta KVIC, cu inel de apă, însă la solicitarea beneficiarului s-a adoptat varianta cu gazometru separat. Acest model se prezintă în schița de mai jos:



- 1 – fermentator; 2 – gazometru cu clopot plutitor; 3 – cămin de alimentare;
 4 – cămin de evacuare; 5 – cămin cu instalații; SSL – vas separator de condens-
 supapă de siguranță-limitator de presiune; ROF – răsuflător-opritor de flacără

Volumul util al fermentatorului (zona hașurată pe schiță) este de 8 m³, iar al gazometrului (înțelegînd prin acesta volumul maxim al biogazului ce se poate acumula sub clopot, hașurată punctat), de 3 m³. Fermentatorul și cuva gazometrului au fost tencuite cu tencuială sclivisită din mortar de ciment rezistent la coroziune. Căminul cu instalații are diametrul interior de 1,0 m. După cum se poate observa și din figură, întreg ansamblul este amplasat pe o platformă ridicată deasupra terenului existent prin umplutură realizată din excedentul de pământ din săpături. În acest fel s-a putut reduce volumul de terasamente, deasemeni și adîncimea maximă a gropii de fundare.

Caracteristicile tehnologice principale ale instalației sunt:

Instalație cu volum de fermentare $V_f = 8 \text{ m}^3$							
Materie primă	Cantitate (kg/zi)	Apă (kg/zi)	Total șarjă		TRH (zi)	C/N	Biogaz (Nm ³ /zi)
			(kg/zi)	(l/zi)			
Dejecții vacă de lapte, 3 capete	75	78,4	176	169	47,3	23,3	2,31
Porcine, 8 capete	16						
Oi, 4 capete	2,4						
Capre, 7 capete	4,2						

Fiind vorba de o finanțare parțială, cheltuielile totale se compun din: contribuția fundației GEF pentru cheltuielile materiale și proiectarea inclusiv urmărirea execuției și asistența tehnică, contribuția primăriei pentru săpăturile mecanice și cofraje, la care se adaugă cheltuielile cu manopera suportate de beneficiar. La aprecierea cheltuielilor materiale trebuie avut în vedere că, betoanele speciale anticorozive și impermeabile la apă și gaz au fost procurate de la o stație de betoane atestată, iar clopotul metalic și celelalte componente de confecții metalice, care trebuie să fie etanșe la gaz, au fost confecționate la un atelier mecanic, ambele din Tg. Mureș. În costul acestora este inclus și transportul la 16 km, iar în cazul confecțiilor metalice și montajul pe șantier. Instalațiile de biogaz au fost executate de un instalator. În rest, munca vie a fost prestată de localnici și persoane din localitățile învecinate, fără o pregătire profesională în construcții, dar cu experiență variabilă în construcții de case, tocmită de beneficiarul de folosință al instalației.

În condițiile arătate, costurile pe principalele componente, rotunjite, sunt următoarele:

- cheltuieli materiale pt. construcții și instalații:	25.000 lei
- cheltuieli materiale pt. confecții metalice:	8.700 lei
- proiectare, asistență tehnică și urmărirea execuției:	<u>8.300 lei</u>
Total	42.000 lei

În ceea ce privește consumul de ore de muncă trebuie avut în vedere faptul că, deși oamenii s-au descurcat destul de bine, au avut nevoie totuși de un timp mult mai mult în comparație cu muncitori calificați. Zilnic au lucrat 2-4 oameni, dar în lipsa unei evidențe a beneficiarului de folosință, durata măcar aproximativă a orelor lucrate de fiecare și pe baza acestora numărul total al orelor de muncă, nu poate fi apreciat. Cheltuielile cu munca vie, estimate pe baza urmăririi execuției, reprezintă:

- săpături mecanice: cca. 3 ore
- manoperă: cca. 67 zile

Comparativ, în literatura de specialitate se arată că în Asia, realizarea unei instalații de biogaz gospodărești de același volum de fermentare, în soluția cu capac fix, din zidărie de cărămidă presată plină cu mortar de ciment, inclusiv lucrările de terasamente executate complet manual, necesită 11 zile de lucru de muncă calificată și 30 zile de lucru cu muncitori necalificați.

În privința duratei totale necesare pentru realizarea unei instalații de biogaz gospodărești trebuie avut în vedere faptul că, betoanele nu pot fi turnate decît etapizat, fiind nevoie de respectarea riguroasă a unor intervale de timp obligatorii între etapele succesive precum și pentru întărirea completă, pentru ca apoi să poată fi executate umpluturile de pământ din jur, alimentarea cu gunoi de grajd și după caz, umplerea cu apă.

Caracteristicile fizice principale ale instalației sunt cele din tabelul următor:

Specificații	UM	Cantitate
Volum fermentare util	m ³	8
Beton armat special	m ³	13,2
Beton armat normal și beton simplu	m ³	4,5
Confecții metalice, total	kg	638
- din care clopot gazometru	kg	425
Suprafața platformei	m ²	75

Comparativ, soluția inițială propusă, cu clopotul integrat în fermentator într-un inel de apă, ar fi necesitat betoane armate speciale de cca. 8,7 m³ (economii de cca. 34 %), betoane armate normale și simple de cca. 2,6 m³ (economii de cca. 42 %), o suprafață ocupată de cca. 45 m², confecțiile metalice fiind aproximativ aceleași. Valoric, economiile cu materialele de construcții și instalații ar fi fost de cca. 10.000 lei (40 %). În privința manoperei, în condițiile arătate mai sus, aceasta ar fi necesitat numai cca. 40 zile (economii de cca. 40 %), iar săpături mecanice cca. 2 ore (economii de cca. 33 %).

Cantitatea anuală de gaze cu efect de seră economisite cu această instalație este de 5.584 kgCO₂e.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. Biogas-Geschichte, <http://graskraft.org/biogas/geschichte/index.html>
2. Marchaim, U. (1992) Biogas processes for sustainable development, FAO, M-09, ISBN 92-5-103126-6
3. Bond, T., Templeton, M.R. (2011) History and future of domestic biogas plants in the developing world, Energy for Sustainable Development 15 p. 347–354, Published by Elsevier Inc.
4. Gunnerson, Ch.G., Stuckey, D.C. (1986) Anaerobic Digestion - Principles and Practices for Biogas Systems, WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER 49 (W TP-49)
5. Jones, D. (2006) Anaerobic Digestion – the Basics, Purdue, USA
6. Ratgeber, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (2011) Hinweise zum Einsatz von Wirtschaftsdüngern, organischen und organisch-mineralischen Düngern
7. Datenbestand des LHL Kassel-Harleshausen (2008) Nährstoffgehalt organischer Düngemittel
8. Biogas: http://www.kompost-biogas.info/index.php?option=com_content&task=view&id=200&Itemid=231
9. Genesys-Merkblatt M101: Biogasausbeute von Hofdüngern und Co-Substraten
10. Leitfaden biogas, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 5., vollständig überarbeitete Auflage, Gülzow, 2010
11. Biogasgewinnung- und Nutzung, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, 3., überarbeitete Auflage, Gülzow, 2006
12. Producerea și utilizarea biogazului pentru obținerea de energie (suport de curs), 2006
13. Biogas, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 8. überarbeitete Auflage, Rostock, 2012
14. Werner, U., Stöhr, U., Hees, N. (1989) Biogas plants in animal husbandry
15. Sasse, L. (1988) Biogas Plants
16. Sasse, L., Kellner, C., Kimaro, A. (1991) Improved Biogas Unit for Developing Countries
17. Kissné Quallich Eszter (1983) A biogáz, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
18. Schulz, H., Eder, B. (2005) Biogázgyártás, CSER Kiadó, Budapest (traducere din originalul în limba germană: Biogas – Praxis, 2001)
18. Vintilă, M. (1989) Biogazul, Editura Tehnică, București

19. Cod de bune practici agricole pentru protecția apelor împotriva poluării cu nitrați din surse agricole, O. MMGA+MAPDR 1182+1270/2005

Sperăm că acest material a putut contribui la trezirea interesului privind construirea de instalații de biogaz și trecînd la fapte, flacăra biogazului se va aprinde în curînd în cît mai multe gospodării.
În acest demers, deloc ușor, Vă dorim mult succes !

