

**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA
BUCUREȘTI**

**Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice
Școala Doctorală Ingineria Sistemelor Biotehnice
Domeniul Ingineria Mediului**

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

**VALORIFICAREA DEȘEURILOR AGROZOOOTEHNICE
CA MATERIE PRIMĂ PENTRU OBȚINEREA BIOGAZULUI**

**THE USE OF AGRICULTURAL AND LIVESTOCK WASTE
AS RAW MATERIAL FOR BIOGAS PRODUCTION**

Coordonator științific:

Prof. Dr. Ing. Habil Cristina-Ileana Covaliu-Mierlă

Doctorand:

Roxana Drăghici (Mitroi)

București, 2024

MULȚUMIRI

Dorința de a continua studiile de specialitate în domeniul Ingineria Mediului prin intermediul stagiului de studiu doctoral a avut la bază activitatea desfășurată în acest domeniu de peste 19 ani, la Agenția pentru Protecția Mediului Teleorman începând cu anul 2005, iar din anul 2023 la Agenția Națională pentru Arii Naturale Protejate.

Sincere mulțumiri și profundă recunoștință doamnei conducător de doctorat Prof. habil. dr. ing. Cristina Ileana Covaliu-Mierlă, pentru îndrumarea, răbdarea și profesionalismul său deosebit, care au fost esențiale în ghidarea mea pe parcursul cercetării și elaborării tezei de doctorat, dumneaei fiind cea care mi-a deschis drumul către lumea cercetării și un sprijin de neprețuit de-a lungul întregului stagi de doctorat.

Doresc să subliniez faptul că fundamentarea științifică și elaborarea acestei teze de doctorat nu ar fi fost posibile fără contribuția și îndrumarea unor oameni excepționali, care s-au remarcat prin înaltă competență profesională și pasiune pentru cercetare.

Nu în ultimul rând vreau să mulțumesc tuturor membrilor comisiei pentru sprijinul acordat în procesul de susținere a tezei de doctorat, pentru atenția cu care mi-au ascultat prezentarea și pentru sugestiile constructive formulate.

În mod deosebit vreau să mulțumesc familiei mele care m-a susținut pe parcursul acestor ani, pentru dragostea lor necondiționată, suportul moral, înțelegere și pentru încurajarea de a merge mai departe.

Mulțumesc pentru susținerea financiară oferita de Ministerul Investițiilor și Proiectelor Europene prin Programul Operațional Sectorial Capital Uman - „OPTIMizarea rezultatelor cercetării aplicative a doctoranzilor și cercetătorilor postdoctorat – OPTIM Research” 2014-2020, Contract nr. 62461/03.06.2022, cod SMIS 153735.

CUPRINS

CUVÂNT ÎNAINTE.....	7
LISTA FIGURILOR.....	10
LISTA TABELELOR.....	12
ABREVIERI.....	14
CAPITOLUL 1. OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT ȘI IMPORTANȚA TEMEI.....	15
1.1. Obiectivele tezei de doctorat.....	15
1.2. Importanța temei.....	15
CAPITOLUL 2. STUDIU DE LITERATURĂ PRIVIND POLUAREA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR	18
2.1 Considerații generale asupra poluării mediului înconjurător.....	18
2.2 Deșeurile – Sursă de poluare a mediului înconjurător.....	29
2.3 Impactul poluanților care rezultă din activitățile zootehnice asupra mediului înconjurător.....	32
2.3.1 Impactul asupra factorilor de mediu.....	32
2.3.2 Impactul cumulat.....	34
2.3.3 Principalele tipuri de poluare generate de activitățile care vizează creșterea intensivă a păsărilor.....	35
2.4. Importanța economică a Zootehniei.....	39
2.5. Aspecte privind menținerea echilibrului ecologic în zootehnie.....	47
CAPITOLUL 3. PREZENTAREA ACTIVITĂȚILOR ZOOTEHNICE: FERMELE DE PĂSĂRI, FERMELE DE PORCI, FERMELE DE VACI	53
3.1. Aspecte legate de poluare în contextul relației om – animale.....	53
3.2. Fluxul tehnologic.....	55
3.2.1. Fluxul tehnologic al fermelor de păsări.....	57
3.2.1.1. Principalele activități.....	57
3.2.2. Fluxul tehnologic al fermelor de porci.....	60
3.2.2.1. Principalele activități.....	60

3.2.3. Fluxul tehnologic al fermelor de vaci.....	66
3.2.3.1. Principalele activități.....	66
3.3. Studiu de literatură despre deșeurile agrozootehnice și modalități de valorificare.....	71
CAPITOLUL 4. STUDIU PRIVIND TRATAREA DEJEȚIILOR ANIMALIERE CE REZULTĂ DIN ACTIVITĂȚILE ZOOTEHNICE.....	
4.1. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de păsări.....	76
4.2. Evaluarea de mediu a activității unor ferme de păsări în alte țări.....	80
4.3. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de porci.....	87
4.4. Evaluarea de mediu a activității unor ferme de porci în alte țări.....	97
4.5. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de vaci.....	101
4.6. Evaluarea de mediu a activității unor ferme de vaci în alte țări.....	109
4.7. Cercetări privind impactul depozitării dejețiilor animaliere asupra mediului înconjurător.....	112
4.7.1. Impactul depozitării dejețiilor animaliere și tratării materiilor prime..	113
4.7.2. Impactul digestatului asupra mediului înconjurător.....	114
4.7.3. Cercetări experimentale privind tratarea așternutului folosit în halele de creștere a păsărilor.....	117
4.7.4. Materii prime ce pot fi folosite în procesul de compostare.....	118
4.8. Posibilități de diminuare a poluării	119
4.8.1. Managementul de mediu al deșeurilor agrozootehnice.....	119
4.8.2. Biogazul – o soluție pentru tratarea dejețiilor animaliere.....	122
4.8.2.1. Studiu de literatură cu privire la obținerea biogazului.....	124
CAPITOLUL 5. CERCETĂRI PROPRII CU PRIVIRE LA OBȚINEREA BIOGAZULUI DIN DEȘEURILE AGROZOOTEHNICE.....	
5.1. Materiale folosite.....	142
5.2. Rezultate obținute.....	146
CAPITOLUL 6. CONCLUZII GENERALE ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE.....	
6.1. Concluzii generale	184
6.2. Contribuții proprii.....	189
6.3. Recomandări și direcții viitoare de cercetare.....	190

BIBLIOGRAFIE.....	192
ANEXE.....	207

CUVÂNT ÎNAINTE

Teza de doctorat intitulată "*Valorificarea deșeurilor agrozootehnice ca materie primă pentru obținerea biogazului*" are ca obiectiv general fundamentarea teoretică și experimentală a unor soluții care să răspundă provocărilor cu care se confruntă societatea în ceea ce privește gestionarea dejecțiilor animaliere și efectele lor negative asupra mediului în contextul adaptării la schimbările climatice.

Legislația de mediu europeană, cât și fondurile pe care Uniunea Europeană le pune la dispoziție prin intermediul liniilor de finanțare promovate atât la nivel european cât și național, evidențiază faptul că majoritatea țărilor industrializate pun accent pe un management integrat al deșeurilor care să ofere soluții sustenabile în ceea ce privește gestionarea deșeurilor și producerea de energie regenerabilă, prin tehnologii de tip "waste-to-energy".

Având ca punct de plecare acest concept, lucrarea de față oferă soluții fezabile cu privire la utilizarea deșeurilor agrozootehnice ca sursă de energie alternativă și nepoluantă. Procesele de recuperare energetică studiate se bazează pe acțiunea bacteriilor de fermentare anaerobă care transformă materia organică în biogaz cu un conținut ridicat de metan. Din punct de vedere al eficienței energetice, acest proces este considerat optim deoarece permite utilizarea unei game variate de deșeuri organice, și totodată constituie o metodă eficientă de tratare a acestora, reducând astfel impactul asupra mediului înconjurător. În plus, reziduurile rezultate în urma procesului de digestie anaerobă pot fi folosite ca fertilizant în agricultură.

Tema de cercetare abordată acoperă subiecte legate de managementul integrat al deșeurilor, urmărește valorificarea energetică a biogazului produs prin digestie anaerobă, folosind ca materie primă deșeurile agrozootehnice, prezentarea unei instalații de producere a biogazului precum și o serie de cercetări experimentale realizate în laborator, folosind Instalația de producere a biogazului BPC Instruments AB - Gas Endeavour.

Teza de doctorat este structurată în 6 capitole, dezvoltate în 210 de pagini, conține 67 de figuri și grafice, 46 tabele, precum și o bibliografie alcătuită din 269 referințe.

Teza de doctorat cuprinde o sinteză a cercetărilor teoretice și experimentale efectuate de către autoare cu aplicarea dejecțiilor animaliere care rezultă din activitățile zootehnice și a

deșeurilor rezultate din agricultură în domeniul protejării mediului înconjurător, prin transformarea acestora în biogaz.

În Capitolul I al tezei de doctorat intitulat "Obiectivele tezei de doctorat și importanța temei" sunt prezentate obiectivele propuse și realizate ulterior pe baza cercetărilor experimentale și importanța temei alese pentru a o dezvolta în prezenta teză de doctorat din cadrul stagiului doctoral.

Obiectivele științifice urmărite în cercetarea teoretică și experimentală pot fi grupate în două categorii:

1. Studiu de literatură privind valorificarea energetică a deșeurilor agrozootehnice și producerea biogazului prin procedeul de digestie anaerobă;

2. Cercetare experimentală care a cuprins: stabilirea materiilor prime investigate (iarbă, frunze verzi de tomate, cartofi, paie) și obținerea biogazului la scară de laborator folosind instalația de capacitate mică de producere a biogazului (15 reactoare din sticlă de 500 ml) BPC Instruments AB – Gas Endeavour, la o temperatură constantă de 37°C, calculul pornind de la diferite rețete de amestec a materiilor prime în scopul atingerii unui randament cât mai mare de biogaz.

Capitolul II al tezei de doctorat intitulat "Studiu de literatură privind poluarea mediului înconjurător" prezintă stadiul actual al cercetărilor științifice cu privire la poluarea mediului înconjurător. Acest capitol are la bază un studiu complex al literaturii de specialitate cu privire la noțiunea de "poluare", în special poluarea mediului înconjurător cu deșeuri. Acest capitol aduce în atenție problematica de mediu cu privire la prevenirea și diminuarea efectelor poluării, importanța economică a creșterii animalelor, managementul deșeurilor și aspecte privind menținerea echilibrului ecologic.

Dejecțiile animaliere pot constitui un risc major asupra mediului înconjurător. Modul cum sunt colectate dejecțiile animaliere, depozitate, manevrate, precum și compoziția și calitatea lor reprezintă factori - cheie care determină concentrația emisiilor.

Din acest motiv, pentru o gestionare sustenabilă a deșeurilor agrozootehnice este nevoie de creșterea gradului de valorificare a acestora în vederea reducerii poluării cu nitrați: deșeurile să se depoziteze pe platforme de depozitare, să existe stații de compostare, de peletizare și să se înființeze stații de prelucrare a deșeurilor agrozootehnice în vederea obținerii de biogaz.

Capitolul III al tezei de doctorat intitulat "Prezentarea activităților zootehnice: fermele de păsări, fermele de porci, fermele de vaci" detaliază fluxul tehnologic al activităților zootehnice și tipurile de deșeuri rezultate din activitățile agrozootehnice.

Depozitele de dejecții constituie potențialele surse de emisii în atmosferă, care emană în aer următoarele tipuri de emisii, astfel: grajdurile de animale, stocarea și împrăștierea de bălegar emană amoniac (NH_3), metan (CH_4) și oxid de azot (N_2O), încălzirea clădirilor și instalațiile de combustie emană No_x , grajduri de animale, combustibil utilizat la încălzire și transport, arderea resturilor emană dioxid de carbon (CO_2), grajdurile de animale, stocarea și împrăștierea de bălegar emană mirosul (H_2S), pregătirea hranei, stocarea hranei, grajduri de animale, stocarea și împrăștierea de bălegar solid emană praf, iar arderea resturilor emană fum/ CO .

Emisiile de amoniac sunt considerate un factor important al acidificării solului și apei.

Factori precum temperatura, ventilația, umiditatea, procentul de stocare și compoziția hranei (proteine brute) pot afecta nivelul de amoniac.

De exemplu, la excrementele de porc, azotul din uree reprezintă mai mult de 95 % din totalul de azot din urină. În urma activității microbiene, această uree se transformă repede în amoniac volatil.

Procesele microbiene din sol (denitrificarea) produc protoxid de azot (N_2O) și azot gaz (N_2). Protoxidul de azot este unul din gazele responsabile de apariția efectului de seră, în timp ce azotul gaz este dăunător mediului. Ambele pot fi produse prin descompunerea de nitrați în sol, fie derivați din bălegar, din fertilizatori anorganici sau chiar din sol, dar prezența bălegarului favorizează acest proces.

În Capitolul IV, "Studiul privind tratarea dejecțiilor animaliere ce rezultă din activitățile zootehnice" sunt analizate o serie de aspecte cu privire la valorificarea dejecțiilor animaliere în scopul obținerii biogazului în agricultură, acordând o atenție deosebită managementului de mediu.

În Capitolul V intitulat "Cercetării proprii cu privire la obținerea biogazului din deșeurile agrozootehnice" sunt prezentate contribuțiile proprii realizate în teza de doctorat, folosind tehnologia de digestie anaerobă pentru a trata deșeurile agrozootehnice în scopul diminuării efectelor negative asupra mediului înconjurător și obținerii biogazului. Este detaliată modalitatea prin care s-au realizat cercetările experimentale, materialele și metodele folosite, în scopul obținerii de biogaz, prin procedeul de digestie anaerobă. Sunt prezentate rezultatele cercetărilor realizate cu ajutorul Instalației de producere a biogazului Gas Endeavour (Automatic Gas Flow Measuring System).

În Capitolul VI, "Concluzii generale și direcții viitoare de cercetare" sunt prezentate rezultatele cercetării și perspective viitoare de cercetare.

CAPITOLUL 1. OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT ȘI IMPORTANȚA TEMEI

1.1 Obiectivele tezei de doctorat

Una dintre problemele majore ale societății omenești în momentul de față este procesarea și tratarea deșeurilor organice rezultate din agricultură și industria alimentară. Obținerea produselor alimentare se face cu un consum energetic foarte mare, ceea ce conduce la generarea unor cantități uriașe de deșeuri organice.

Deoarece creșterea cantităților de deșeuri provenite din agricultură (iarbă, resturi vegetale) și zootehnie (bălegar, talaj etc) este una dintre problemele majore de mediu, s-a ales ca direcție de cercetare în cazul tezei de doctorat, găsirea unei alternative eficiente de valorificare a dejecțiilor animaliere și a celor provenite din agricultură, prin transformarea acestora în biogaz și fertilizant organic pentru agricultură.

Obiectivele urmărite în cadrul tezei de doctorat pot fi grupate în două categorii:

3. Studiu de literatură privind valorificarea energetică a deșeurilor agrozootehnice și producerea biogazului prin procedeul de digestie anaerobă;

4. Cercetare experimentală care a cuprins: stabilirea materiilor prime investigate (iarbă, frunze verzi de tomate, cartofi, paie) și obținerea biogazului la scară de laborator folosind instalația de capacitate mică de producere a biogazului (15 reactoare din sticlă de 500 ml) BPC Instruments AB – Gas Endeavour, la o temperatură constantă de 37°C, calculul pornind de la diferite rețete de amestec a materiilor prime în scopul atingerii unui randament cât mai mare de biogaz.

Scopul final al tezei de doctorat este reprezentat de obținerea și dezvoltarea unui amestec optim de dejecții animaliere și subproduse agroalimentare pentru a obține biogaz prin procedeul de digestie anaerobă.

Totodată, prin procedeul de digestie anaerobă se urmărește reducerea nivelului de poluare a mediului înconjurător cu azot și scăderea cantității de deșeuri agroalimentare prin valorificarea acestora, contribuind astfel la îmbunătățirea calității mediului, într-o manieră ecologică și durabilă.

1.2. Importanța temei

Gestionarea corespunzătoare a deșeurilor agrozootehnice este îngreunată de condițiile de mediu, de degradarea accelerată datorată activității enzimatice, datorită conținutului ridicat de apă, tratarea și depozitarea acestora reprezentând provocări semnificative în domeniul protecției mediului.

Problemele de mediu create de deșeurile provenite din agricultură și zootehnie vizează impactul asupra resurselor de apă, asupra solului, subsolului și aerului datorită conținutului ridicat de substanțe nutritive și deșeuri organice, care pot conduce la poluarea apei și emisii de gaze cu efect de seră.



Fig.1.1. Fermă de creștere a păsărilor



Fig. 1.2. Fermă de creștere a porcilor

Poluarea cu azot a terenurilor agricole reprezintă o preocupare majoră pentru agricultură și mediu. Azotul este un element esențial pentru creșterea plantelor, dar folosit în exces poate avea consecințe negative semnificative asupra mediului înconjurător (eutrofizarea apei ce conduce la degradarea habitatelor acvatice, poluarea surselor de apă potabilă, emisii de gaze cu efect de seră care contribuie la încălzirea globală) și asupra sănătății umane.

Poluarea cu azot poate produce o serie de efecte negative asupra sănătății umane și poate determina apariția unor boli precum: metahemoglobinemia - creșterea nivelului de metahemoglobină în sânge (boala bebelușului albastru), probleme respiratorii precum astmul și bronșita, boli pulmonare cronice, iritații ale ochilor și ale căilor respiratorii, dificultăți de respirație, boli cardiovasculare precum atacul de cord și accidentul vascular cerebral, cancer, anomalii congenitale și multiple efecte negative asupra dezvoltării fetale și scăderea sistemului imunitar.

Gestionarea inadecvată a acestor deșeuri poate contribui totodată la degradarea biodiversității și la reducerea calității habitatelor naturale.



Fig.1.3. Fermă de creștere a vacilor



Fig.1.4. Deșeuri agricole

În această privință, valorificarea energetică prin exploatarea biogazului obținut prin procesul de digestie anaerobă, constituie o soluție fezabilă și sustenabilă pentru producerea de energie verde și regenerabilă din deșeuri agrozootehnice și contribuie la rezolvarea problemelor de mediu (reducerea poluării solului pe care se depozitau aceste deșeuri, reducerea poluării pânzei freatică, reducerea gazelor cu efect de seră).

CAPITOLUL 2. STUDIU DE LITERATURĂ PRIVIND POLUAREA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

2.1. Considerații generale asupra poluării mediului înconjurător

Modificările mediului natural și artificial sunt consecința unor fenomene naturale, dar – mai ales – a activității umane, a civilizației industriale etc. care are ca efect distrugerea echilibrului ecologic, care afectează, la rândul său, negativ condițiile de viață ale omului [1].

Creșterea producției industriale, intensificarea circulației vehiculelor cu motor, generarea de energie electrică și termică, diverse activități agricole și expansiunea necontrolată a deșeurilor au condus la eliberarea în aer a unor cantități tot mai mari de particule invizibile, cum ar fi bioxidul de carbon, oxidul de azot, metanul, pulberile și alți agenți poluanți. Aceste emisii afectează atmosfera în mod lent, dar constant și progresiv, astfel încât, într-un deceniu, temperatura medie globală poate crește cu încă un grad Celsius [2].

Agricultura bazată pe exploatare intensivă, denumită și agricultură intensivă utilizează cantități mari de îngrășămintele chimice, pesticide, insecticide, ceea ce contribuie la

poluarea terenurilor arabile, a apelor și a atmosferei. Erbicidele, îngrășămintele ajung în apele de suprafață și în apele subterane și contribuie la degradarea mediului înconjurător.

Contribuția sectorului agricol la schimbările climatice devine din ce în ce mai evidentă, generând un interes crescut în identificarea modurilor prin care agricultura poate reduce emisiile de gaze cu efect de seră. Agricultura sustenabilă reprezintă o strategie eficientă nu doar pentru atenuarea schimbărilor climatice, ci și pentru adaptarea ecosistemelor agricole la efectele acestora, prin sporirea rezistenței culturilor la variațiile climatice. Aceasta contribuie la reducerea eroziunii solului, îmbunătățirea calității și fertilității solului și permite culturilor să absoarbă mai bine apa în perioadele de secetă [3].

2.2. Deșeurile – Sursă de poluare a mediului înconjurător

Deșeurile constituie una dintre principalele surse de poluare a mediului, având un impact negativ semnificativ asupra apei, solului, aerului și, implicit, asupra sănătății umane și biodiversității. O gestionare ineficientă a deșeurilor poate avea consecințe dezastruoase pe termen lung pentru ecosistemele naturale și pentru calitatea vieții pe Pământ.

Gestionarea deșeurilor municipale implică un proces complex care include mai multe etape esențiale pentru asigurarea unui sistem eficient și sustenabil: colectarea deșeurilor, transportul deșeurilor, valorificarea și eliminarea deșeurilor, întreținerea amplasamentelor de eliminare.

Există două modalități de eliminare a deșeurilor municipale: prin depozitare sau prin incinerare.

În România, începând cu anul 2021, deșeurile municipale care se produc din instalațiile de sortare, și care nu pot fi reciclate sau valorificate sunt incinerate în instalații de incinerare autorizate pentru incinerarea acestor tipuri de deșeuri. La sfârșitul anului 2021 erau autorizate și în operare 48 de depozite conforme pentru deșeuri municipale și o instalație care incinerează și deșeuri municipale. Cu toate acestea, cantitatea de deșeuri depozitată rămâne încă ridicată, ceea ce contravine principiilor și obiectivelor stabilite de Uniunea Europeană în cadrul pachetului legislativ privind economia circulară. Acest pachet legislativ vizează reducerea dependenței de depozitarea finală a deșeurilor și promovarea reutilizării, reciclării și valorificării resurselor. Creșterea cantității de deșeuri depozitate indică o discrepanță între practica actuală și obiectivele de sustenabilitate și management eficient al resurselor promovate de Uniunea Europeană [4].

Conform prevederilor legislative în vigoare referitoare la depozitarea deșeurilor, deșeurile biodegradabile sunt deșeuri care pot suferi descompunerea prin procese aerobe sau anaerobe, precum produsele alimentare (care se descompun ușor prin acțiunea

microorganismelor), deșeurile de grădină (care se descompun în mod natural), hârtia sau cartonul (care sunt biodegradabile și se descompun în condiții adecvate).

În conformitate cu O.G. nr. 92/2021 privind depozitarea deșeurilor, cantitatea de deșuri biodegradabile depozitate trebuie să nu depășească 35% din cantitatea totală de deșuri produse în anul 1995, exprimată gravimetric.

Vor fi întreprinse măsuri adecvate a promova reutilizarea produselor și pregătirea acestora pentru reutilizare, cu scopul de a interzice începând cu anul 2030, depozitarea deșeurilor care pot fi reciclate sau valorificate în alt mod. De asemenea, până în anul 2035, cantitatea totală de deșuri municipale eliminate anual prin depozitare va trebui să fie redusă la 10% sau mai puțin din totalul deșeurilor municipale generate [5].

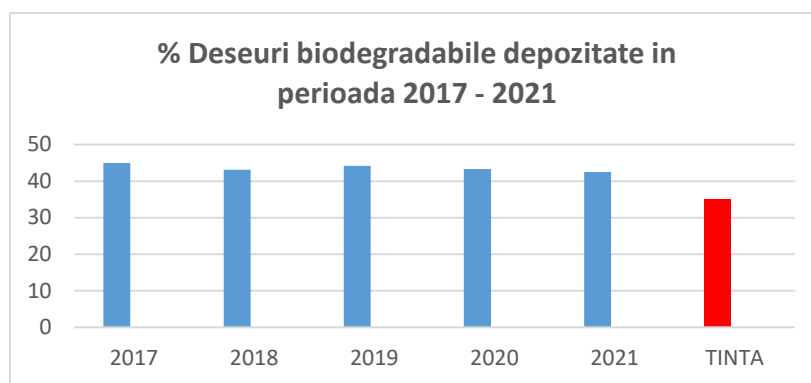


Fig. 2.1. Deșuri biodegradabile depozitate în perioada 2017 – 2021 [4]

În Fig. 2.1., obiectivul a fost stabilirea unei ținte pentru reducerea cantității de deșuri biodegradabile depozitate. În acest context, ținta specifică era ca deșeurile biodegradabile depozitate să nu depășească un anumit procent din cantitatea totală de deșuri municipale generate în anul 1995, pentru a alinia gestionarea deșeurilor la cerințele de mediu și de sustenabilitate. Din grafic reiese faptul că obiectivul privind reducerea cantității de deșuri biodegradabile la depozitare nu a fost atins.

Consumul excesiv de resurse exercită presiuni considerabile asupra mediului înconjurător, afectând nu doar Europa, ci și întreaga lume. Aceste presiuni contribuie la folosirea în exces a resurselor regenerabile, la epuizarea resurselor neregenerabile, la cantități mari de emisii de substanțe poluante din activitățile economice în atmosferă, aer și sol.

Managementul deșeurilor presupune respectarea legislației de mediu în gestionarea deșeurilor atât de către mediul de afaceri, cât și de către persoanele responsabile de a reduce impactul asupra mediului prin generarea responsabilă a deșeurilor. Dacă agenții economici sunt

obligați să adopte o tehnologie prietenoasă cu mediul, astfel încât să minimizeze impactul negativ asupra mediului și să contribuie la o dezvoltare sustenabilă, fiecare cetățean poate contribui semnificativ la diminuarea volumului de deșeuri generate prin reciclare, compostare și reducerea consumului de produse cu ambalaje în exces.

2.3. Impactul poluanților care rezultă din activitățile zootehnice asupra mediului înconjurător

2.3.1. Impactul asupra factorilor de mediu

În activitatea de creștere a păsărilor, impactul potențial asupra factorilor de mediu se referă la emisiile de amoniac în aer, la scurgerile de azot și fosfor în sol, în apele subterane și apele de suprafață, scurgerile care provin de la dejecții.

Pentru a putea stabili măsurile de reducere sau de eliminare a impactului negativ al activităților care vizează creșterea intensivă a păsărilor asupra mediului înconjurător, este foarte important să se cunoască de la început toți factorii de risc. Formele de impact presupun analizarea unor aspecte-cheie:

Tabel 2.1 Aspecte - cheie necesare stabilirii formelor de impact asupra mediului înconjurător [6]

Caracterul și durata impactului	Identificarea aspectelor de mediu care pot fi afectate. Evaluarea impactului (pozitiv, neutru sau negativ). Identificarea și evidențierea formelor de impact semnificativ (pozitiv și negativ). Descrierea impactului (de ex. cumulativ, continuu, intermitent, ocazional, temporar, pe termen scurt, mediu sau lung, direct/indirect, reversibil/irreversibil).
Întinderea, amploarea și complexitatea	Măsurarea cantității sau intensității schimbărilor în caracterul sau calitatea oricărui aspect al mediului. Determinarea extinderii geografice a efectelor, indicând dacă acestea vor afecta doar câteva zone, o mare parte din teritoriu sau întregul areal. Evaluarea gradului de schimbare (imperceptibilă, ușoară, observabilă sau semnificativă).
Consecințe	Stabilirea dacă impactul poate fi evitat, atenuat sau remediat. Identificarea formelor de impact reversibil. Stabilirea dacă există opțiuni disponibile, posibile sau acceptabile pentru compensare.

2.3.2. Impactul cumulat

În cazul unei activități de creștere intensivă a păsărilor trebuie luate în considerare următoarele potențiale efecte cumulate: calitatea apelor de suprafață, calitatea apelor subterane, emisiile de gaze metabolice, mirosuri, praf, zgomot.

2.3.3. Principalele tipuri de poluare generate de activitățile care vizează creșterea intensivă a păsărilor

Poluarea aerului

Tabel 2.2 Emisiile atmosferice provenite de la fermele de creștere intensivă a păsărilor

Nr. crt.	Emisii poluante	Sistemul de creștere a păsărilor
1.	Amoniac (NH ₃)	Adăpostirea păsărilor, depozitarea dejecțiilor.
2.	Metan (CH ₄)	Adăpostirea păsărilor, depozitarea dejecțiilor.
3.	Oxid de azot (N ₂ O)	Adăpostirea păsărilor, depozitarea dejecțiilor.
4.	NO _x	Instalații de încălzire interioară.
5.	Dioxid de carbon (CO ₂)	Adăpostirea păsărilor, combustibil folosit pentru încălzire și transport, arderea deșeurilor de proveniență vegetală.
6.	Miros (H ₂ S)	Adăpostirea păsărilor, depozitarea și împrăștierea dejecțiilor.
7.	Praf	Prepararea și depozitarea hranei, halele de producție, depozitarea și împrăștierea dejecțiilor
8.	Fum/CO	Arderea deșeurilor de proveniență vegetală.

Poluarea apelor

Tabel 2.3 Poluanții emiși în apele de suprafață asociați cu fermele de creștere intensivă a păsărilor

Proveniența apei uzate	Poluanți rezultați
Curățarea halelor	- compuși organici - particule în suspensie - produse de curățare
Cerințe igienico - sanitare ale personalului	- compuși organici - particule în suspensie - produse de curățare
Apa pluviala colectată de pe platforme	- particule în suspensie

Poluarea solului

După punerea în funcțiune a obiectivului, depozitarea dejecțiilor ar putea constitui o sursă de poluare a solului, în urma desfășurării activității rezultând o cantitate relativ mare de azot și fosfor. Dejecțiile conțin cantități variabile de nutrienți, precum și minerale și elemente esențiale, cum ar fi sulf și magneziu.

2.4. Importanța economică a Zootehniei

Animalele sunt pe de-o parte un factor indispensabil pentru agricultură, căci ele servesc la munca câmpului, la transporturi, la producerea îngrășămintelor etc, iar pe de altă parte

furnizează societății materii de primă necesitate, căci ele asigură omului în cea mai mare parte hrana și îmbrăcămintea sa [7].

Astfel, *produsele animaliere* - laptele, carnea, ouăle constituie alimente indispensabile unei alimentații raționale a oamenilor, cu valoare nutritivă digestibilă și biologică ridicată.

De asemenea, o serie de alte produse de origine animală cum ar fi: lâna, penele, pieile, puful, blănurile, mătasea, constituie materiile prime în industria ușoară (industria de confecții, de îmbrăcăminte și încălțăminte, marochinărie).

Cel de-al cincilea sfert reprezentat de subprodusele obținute în urma sacrificării animalelor – *subprodusele de abator* (sânge, oase, coarne, copite, intestine, glande cu secreție internă) se valorifică sub diferite forme – în industria de medicamente, în industria nutrețurilor combinate sub forma diferitelor făinuri, pentru prepararea cleiurilor de oase, extragerea uleiului industrial etc [8].

Sângele (făina de sânge), oasele (făina de oase) mai sunt folosite și pentru obținerea cărbunelui animal, cleiurilor, extragerea uleiurilor industriale, intestinele în industria de preparare a mezelurilor, coarde pentru instrumente etc [9].

Animalele de muncă (ecvinele și bovinele) – sunt folosite la transporturi și la lucrări agricole.

Animalele valorifică superior o serie de produse și subproduse agricole grosiere (paie, fân, cartofi etc) pe care le transformă în produse animaliere cu valoare nutritivă ridicată (carne, lapte etc). Se apreciază că omul valorifică numai 25% din totalul producției vegetale, restul de 75% transformat de animale în produse alimentare valoroase sau în materii prime necesare industriei ușoare sau transformate în energie mecanică [9].

2.5. Aspecte privind menținerea echilibrului ecologic în zootehnie

Dezvoltarea durabilă presupune actualizarea cunoștințelor teoretice și aplicative ale inginerilor din domeniul agricol, referitoare la modul de organizare a activităților economice, sociale și de mediu ținând cont de principiile și exigențele dezvoltării durabile, prin utilizarea celor mai performante metode și mijloace de investigare a poluării și de depoluare în tehnologie, biotehnologie agricolă și zootehnică.

Utilizarea excesivă și necontrolată a îngrășămintelor chimice conduce la acidifierea solurilor și la poluarea pânzei freatice și a apelor de suprafață. În agricultură, emisiile în atmosferă, apă și sol includ metan și amoniac, gaze generate de procesele de fermentație enterică și de dejecțiile animalelor [10].

Efectele biogazului asupra mediului înconjurător sunt: limitarea scurgerilor de azot, diminuarea problemelor de miros, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, gestionarea controlată a deșeurilor.

În zonele rurale, unde deșeurile animaleiere și menajere pot fi utilizate ca substraturi, tehnologia biogazului joacă un rol esențial în promovarea unei agriculturi sustenabile, asigurând un echilibru între producția de energie, protecția mediului, progresul social și performanțele economice. Ca urmare, cererea pentru sisteme de producție a biogazului a crescut recent, datorită costurilor reduse și capacității acestuia de a fi utilizat în aproximativ 70% din activitățile cu consum energetic din zonele rurale [11].

Deșeurile biodegradabile, acumulate în depozitele de gunoi, se descompun și produc gaze și levigat. Dacă nu sunt captate, gazele rezultate, care conțin în principal metan, contribuie semnificativ la efectul de seră [12].

Construcția unei stații de biogaz nu prezintă un risc pentru niciuna dintre cele două surse de apă, deoarece procesul de producție a biogazului nu generează apă uzată. După fermentare, digestatul este procesat, iar apa rezultată este reutilizată în cadrul procesului tehnologic. Surplusul de apă poate fi folosit în diverse aplicații, deoarece, după un tratament în două etape de osmoză inversă, calitatea acesteia devine adecvată pentru uz industrial și agricol [13].

Dacă deșeurile provenite din culturile agricole nu sunt colectate pe timpul iernii, acestea se descompun, eliberând azot care poate cauza eutrofizarea apelor. Materiile organice care nu sunt folosite în producția de biogaz devin periculoase și patogene, iar utilizarea directă a acestor materiale poate duce la poluarea solului și a apelor subterane cu nitrați. Dejecțiile de la porci, care pot conține metale grele precum cuprul și zincul, pot, de asemenea, polua apele [14].

Prin fermentația anaerobă și producerea de biogaz, nutrienții din gunoiul netratat sunt supuși unor transformări semnificative datorită activității metabolice a populațiilor microbiene, ceea ce are o serie de efecte pozitive asupra echilibrului nutrițional din digesta [15].

Materii prime utilizate pentru producerea biogazului

Compoziția substratului este crucială atât pentru cantitatea și calitatea gazului produs, cât și pentru calitatea reziduurilor rezultate din procesul de digestie (digestat). Aceasta influențează conținutul de nutrienți pentru plante din digestat, precum și prezența potențialilor contaminanți, cum ar fi metale, compuși organici și microorganisme patogene [16].

Deșeurile organice sunt bogate în proteine și grăsimi, care sunt surse energetice importante și generează cantități considerabile de metan în biogaz [16].

În subprodusele agricole, precum paie și iarba, hemiceluloza este predominant xilan, iar în lemnul de esență moale este în principal glucomanan. Hemiceluloza este foarte ramificată

și amorfă, ceea ce o face mai ușor de hidrolizat decât celuloza. Având rolul de protector fizic al celulozei, îndepărtarea hemicelulozei prin pretratare poate crește zona de contact dintre celuloză și enzime, îmbunătățind astfel rata de hidroliză [17].

Materialele lignocelulozice sunt adesea bogate în carbon, dar conțin cantități reduse de nutrienți esențiali, cum ar fi azotul, fosforul și oligoelementele [18]. Un co-substrat ales cu grijă, care să completeze deficiențele biomasei lignocelulozice, poate asigura un proces de digestie anaerobă stabil și eficient [19].

Categoriile comune de materii prime utilizate pentru producerea biogazului includ: deșeuri și reziduuri agricole, deșeuri animaliere, deșeuri acvatice și alge, reziduuri forestiere, culturi energetice și fracția organică a deșeurilor municipale solide [20], deșeuri industriale organice și nămoluri din epurarea apelor uzate [21], fecale umane, gunoi de grajd, ape uzate provenite din industria alimentară și din zootehnie [22].

Tabel 2.9. Materii prime care pot fi utilizate în procesul de digestie anaerobă. [22, 23]

Deșeuri	Tipuri de deșeuri
Deșeuri provenite din agricultură și resturi ale culturilor agricole	Paie (de grâu, rapiță, orz, ovăz, orez, secară), furaje alterate, resturi de trestie de zahăr, frunze de sfeclă de zahăr sau sfeclă furajeră, buruieni, deșeuri de tutun, coji de orez, coji de cafea, coji de alune, vrejuri (de cartofi, soia, fasole, roșii), coceni și tulpini de porumb și/sau porumb siloz, puzderie de cânepă etc.
Dejecții animaliere	Gunoi de grajd provenit de la bovine, porci, capre și oi, gunoi de păsări etc.
Deșeuri provenite din industria alimentară	Șroturi de semințe oleaginoase, tescovină, deșeuri rezultate din procesarea fructelor și legumelor, deșeuri de pește, deșeuri provenite de la abatoare (carcase de animale, oase, sânge) etc.
Plante acvatice	Alge, ierburi marine, zambile de apă, nuferi și alte plante acvatice.
Reziduuri forestiere	Rumeguș, crengi, plante scoarță, rădăcini, frunze etc.

Dejecțiile animaliere sunt potrivite pentru digestia anaerobă din mai multe motive: au un conținut ridicat de apă, care facilitează diluarea produselor secundare concentrate și simplifică procesul de pompare; dispun de o capacitate mare de tamponare, esențială pentru a

preveni fluctuațiile bruște ale valorii pH-ului; și conțin o gamă variată de nutrienți necesari pentru dezvoltarea microorganismelor [24].

CAPITOLUL 3. PREZENTAREA ACTIVITĂȚILOR ZOOTEHNICE: FERMELE DE PĂSĂRI, FERMELE DE PORCI, FERMELE DE VACI

3.1. Aspecte legate de poluare în contextul relației om – animale

Substanțele poluante pătrunse în lanțurile trofice adesea se concentrează, iar omul consumând produsele animaliere, care la rândul lor au consumat plante poluate, va avea cel mai mult de suferit, el fiind capătul lanțului trofic. Nu sunt de neglijat nici efectele poluante rezultate din creșterea animalelor, în cazul în când tehnologiile folosite nu țin seama de acest aspect.

Poluarea prin activitatea agricolă, datorită suprafețelor mariri pe care le poate afecta, ca și a multitudinii substanțelor chimice cu care se lucrează, fenomenul are implicații multiple. În primul rând, îngrășămintele cu azot pot fi antrenate în râuri sau în apele freatice pe care le poluează. Apele pot conține cantități mari de radicali toxici: $\text{NO}_3 - \text{NO}_2$, care în intestin, pot fi absorbiți. Pesticidele și erbicidele, folosite în exces, pot avea efecte toxice, cunoscute sau necunoscute, deteriorând de multe ori ecosistemele și influențând negativ și creșterea animalelor.

Nu sunt de neglijat nici efectele poluante în cazul unor tehnologii rău conduse. De multe ori gunoiul de grajd, în diferite stadii de fermentație, împrăștiat la întâmplare în jurul fermelor, pe lângă contaminarea aerului și poluarea solului cu scoaterea lui din cultură pentru o lungă perioadă, constituie și un real pericol pentru poluarea apelor freatice sau de suprafață, prin "mustul de bălegar" antrenat cu apele de precipitații. Ținând seama de valoarea de neînlocuit a gunoiului de grajd pentru menținerea și chiar creșterea fertilității solurilor, o soluție împotriva poluării o reprezintă amenajarea platformelor de gunoi de grajd pe lângă fiecare fermă, pentru compostarea gunoiului în vederea utilizării ca îngrășământ valoros [25].

3.2. Fluxul tehnologic

3.2.1. Fluxul tehnologic al fermelor de păsări

În activitatea de creștere a păsărilor, impactul potențial asupra mediului include emisiile de amoniac în aer, scurgerile de azot și fosfor în sol, în apele subterane și apele de suprafață, scurgerile care provin de la dejecțiile animaliere. Evaluarea impactului activităților care vizează creșterea intensivă a păsărilor asupra factorilor de mediu are ca scop determinarea corectă a formelor de impact. Cu cât impactul generat de proiectul de activitate este descris mai detaliat, cu atât sunt mai mari șansele de a identifica măsuri eficiente pentru reducerea sau prevenirea efectelor negative asupra mediului.

Impactul asupra mediului va fi mai redus pe măsură ce instalația de creștere a păsărilor este mai modernă și mai eficientă. Din acest motiv se recomandă ca, în momentul în care se face evaluarea impactului asupra mediului, să se țină seama de vechimea fermei, pentru a adopta măsurile potrivite, cum ar fi tehnicile de filtrare a aerului, dotarea fermei cu tehnologii care să permită reducerea cât mai mare a emisiilor, schimbarea metodelor de transfer al dejecțiilor, impunerea unor condiții specifice în ceea ce privește depozitarea dejecțiilor.[26]



Fig. 3.1. Fermă de păsări

Procesul tehnologic presupune: *Pregătirea și introducerea așternutului în hală*, constituit din coji de orez, talas sau coji de floarea soarelui, împrăștiat manual, operație se realizează la fiecare serie, de circa 6 ori pe an, *popularea halei* cu pui de o zi achiziționați de la societăți avicole specializate, proces care se realizează de șase ori pe an, *furajarea* care se face cu ajutorul unei instalații în circuit închis – prin melc, *adăparea* care se realizează cu linii de adăpare racordate la rețeaua de apă din incintă și sunt dispuse între liniile de furajare, *depopularea halei*, *evacuarea gunoiului – așternut permanent pe serie (paie și dejecții)*, *igienizarea halei și a utilajelor*.

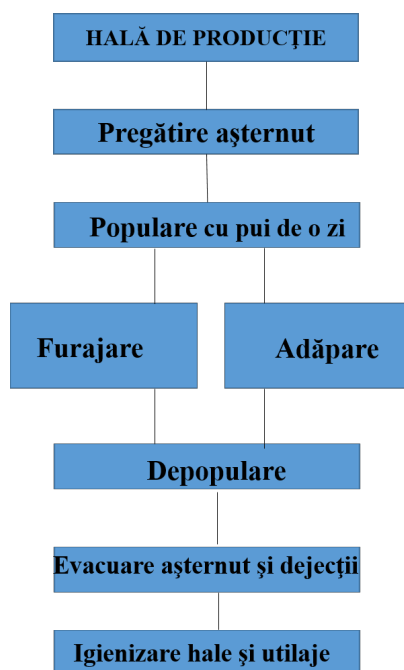


Fig. 3.2. Fluxul tehnologic [6]

3.2.2. Fluxul tehnologic al fermelor de porci



Fig. 3.3. Hală creștere porci

Procesul tehnologic: cuprinde mai multe sectoare:

- Sectorul de montă – gestație
- Sectorul de maternitate
- Sectorul de creștere a tineretului porcin
- Sectorul de îngrășare

Gestionarea deșeurilor

Deșeurile rezultate sunt în principal deșeuri menajere și asimilabile celor menajere, care sunt depozitate într-un container.

Dejecțiile amestecate cu apa de spălare sunt preluate din canalele colectoare ale halelor către o rețea de canalizare.

Apele uzate tehnologice sunt reprezentate de apele utilizate pentru igienizarea spațiilor de producție, plus dejecțiile rezultate în ciclul productiv (urina și fecalele).

3.2.3. Fluxul tehnologic al fermelor de vaci



Fig. 3.4. Fermă pentru creșterea vacilor

Dejecțiile din adăposturi sunt adunate la capete și deversate în canale colectoare de capăt și, printr-o instalație racloare sunt dirijate la bazine de colectare. O stație de biogaz asigură necesarul de energie electrică și termică la ferma de vaci de lapte.

În figura 3.5 este prezentată schema complexă de transformare a biomasei în biogaz, trecând prin patru trepte caracteristice.

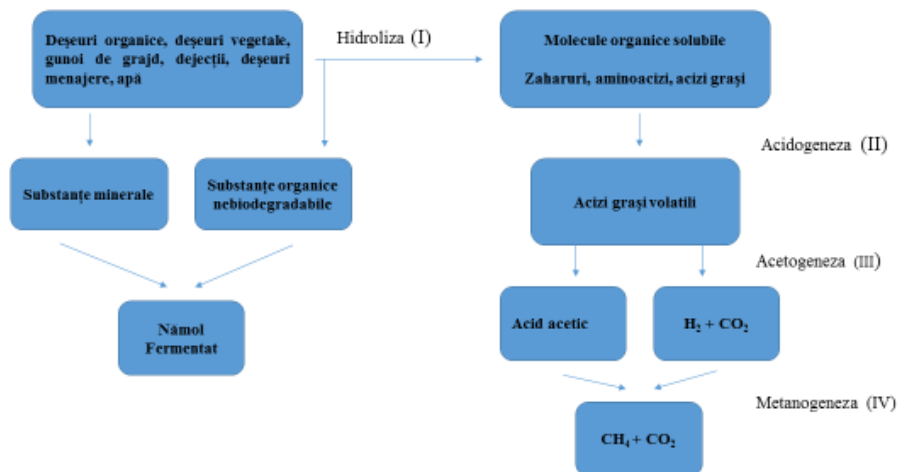


Fig. 3.5. Schema complexă de transformare a biomasei în biogaz

Din procesul de metageneză expus mai înainte se observă că, în substratul supus fermentării se află compuși din cei mai diferiți din punct de vedere chimic. Prezența a numeroși acizi este rezultatul activității grupei bacteriilor acidogene, care lucrează bine la un pH mai scăzut. În treptele III și IV, sarcina trece în seama bacteriilor metanogene, pentru care pH – ul optim este cuprins între 7 – 7,6.

Fluxul tehnologic al stației de biogaz:

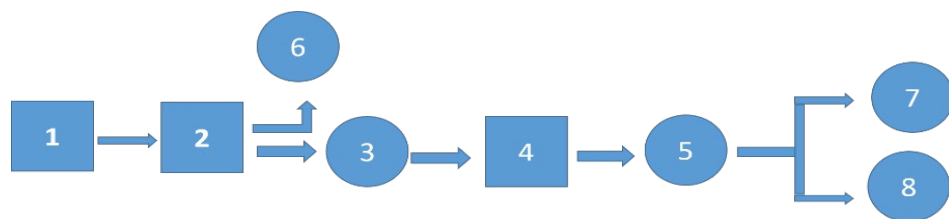


Fig. 3.6. Fluxul tehnologic al stației de biogaz

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. alimentarea cu substrat solid și lichid | 5. cogenerare |
| 2. fermentator | 6. fertilizant |
| 3. biogaz | 7-8 energie electrică și termică |
| 4. sistem de analiză a gazului | |

Dejecțiile din adăposturi

Dejecțiile din adăposturi sunt colectate pe capete și deversate în canale colectoare și apoi sunt dirijate către un bazin de precolectare dejecții.

După obținerea biogazului rezultă un nămol de fertilizant care se colectează în cele două bazine de stocare supraterane executate din beton.

Platforma de deșuri menajere

Depozitarea gunoiului menajer se face pe o platformă împrejmuită cu zidărie din cărămidă și pardoseală din ciment.

În *sala de muls*, camera pentru colectarea laptelui în tancul de lapte există canale din beton cu pante de scurgere spre sifoane de pardoseală ce preiau dejecțiile și le dirijează către rețeaua de canalizare exterioară.



Fig. 3.7. Sala de muls

3.3. Studiu de literatură despre deșeurile agrozootehnice și modalități de valorificare **Tipuri de deșuri rezultate din activitățile agrozootehnice**

Din activitățile agrozootehnice rezultă diverse tipuri de deșuri care pot avea un impact semnificativ asupra mediului dacă nu sunt gestionate corespunzător. Aceste deșuri includ atât materiale organice, cât și anorganice, și pot proveni din diverse procese agricole și de creștere a animalelor.

Agricultura zootehnică este responsabilă pentru aproximativ 20% din emisiile de gaze cu efect de seră (GES), cum ar fi protoxidul de azot (N_2O), metanul (CH_4) și compușii fluorurati [27, 28]. La nivel global, gestionarea gunoiului de grajd contribuie cu aproximativ 10% din emisiile agricole de CH_4 [27, 29], dar în sistemele de producție zootehnică închisă (de exemplu, fabricile de lapte și porci), cu gestionarea gunoiului de grajd lichid, această proporție poate depăși 50% în funcție de climă [27, 28]. Mai mult decât atât, cercetătorii au estimat că gestionarea și aplicarea pe teren a gunoiului de grajd pentru animale reprezintă în general 44%

din totalul emisiilor antropice de N_2O . Aceste cifre subliniază necesitatea îmbunătățirii estimărilor emisiilor de GES din gestionarea corespunzătoare a gunoiului de grajd.

Reziduurile agricole includ reziduuri de cultură precum: paie, tărâțe, resturi vegetale și subproduse care rezultă din procesarea alimentelor.

Reziduurile forestiere includ resturi din tăieri, subproduse din prelucrarea lemnului și reziduuri din gestionarea pădurilor. Mai sunt și alte reziduuri, care includ deșeurile organice provenite din municipalități și din industrie.

Datorită potențialului ridicat al acestor resurse parțial neexploatate, un număr tot mai mare de studii investighează utilizarea biomasei reziduale ca materie primă pentru producția de energie și/sau biocombustibili. În literatură, există numeroase studii care vizează estimarea potențialului energetic din biomasă și/sau biomasă reziduală la diferite scări, regionale sau naționale, și în diferite țări. Astfel de analize sunt realizate luând în considerare toată biomasa disponibilă sau doar anumite surse specifice [30].

Unii autori au estimat beneficii legate de utilizarea biomasei ca sursă de energie, în sensul că se reduc emisiile de gaze cu efect de seră. S-a analizat eliberarea/sechestrarea de CO_2 din reziduurile de biomasă pentru patru scenarii: gestionare necontrolată, conversia biomasei în bioetanol ca combustibil pentru transport, producția de biogaz din reziduuri agricole și co-combustia biomasei în centrale electrice [30, 31].

Deșeurile agricole și zootehnice reprezintă o preocupare serioasă în ceea ce privește gestionarea și eliminarea lor, o mare parte ajungând să fie reziduuri solide sau să fie arse în câmp. Acestea contribuie la poluarea aerului și la încălzirea globală. Prin urmare, diferite metodologii au fost investigate pentru a transforma aceste deșeuri în resurse valoroase, cum ar fi produse chimice, biogaz și materii prime pentru diverse industrii [32].

În vederea obținerii de biocombustibili, se pot folosi diferite tipuri de biomasă:

- biocombustibili produși din materii prime precum culturi alimentare și furajere (ex. biomotorină din ulei din semințe de rapiță, din ulei de floarea soarelui, din ulei de palmier și din ulei din semințe de soia, sau bioetanol din porumb, din grâu, din sfeclă de zahăr, din orz și din secară);
- biocombustibili produși în principal din deșeuri, reziduuri și coproduse care pot fi transformate folosind tehnologii avansate: din alge, din paie, din efluenți de la presele de ulei de palmier, din materiale celulozice de origine nealimentară, din materiale lignocelulozice;

- biocombustibili produși în principal din deșeuri, reziduuri și coproduse care pot fi prelucrate folosind tehnologii mature – biocombustibili obținuți din ulei de gătit uzat și din grăsimi animale [33].

CAPITOLUL 4. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND TRATAREA DEJECȚIILOR ANIMALIERE CE REZULTĂ DIN ACTIVITĂȚILE ZOOTEHNICE

4.1. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de păsări

Standardul STAS 12574/1987 se referă la aerul atmosferic și stabilește concentrațiile maxime admise ale unor substanțe poluante în aerul zonelor protejate.

Acest standard stabilește concentrațiile maxime admise astfel încât populația din zonele neprotejate să nu fie afectată de efectele nocive ale substanțelor poluante.

Tabel 4.1. Măsurători efectuate conform STAS 12574/1987 – Standard pentru calitatea aerului în zone protejate [34]

Data prelevării 21.11.2022	Cod probă	Analiza emisiilor poluante		
		Amoniac (NH ₃) mg/mc	Hidrogen sulfurat (H ₂ S) mg/mc	Pulberi în suspensie mg/mc
14.00 - 14.30	1495 - I	0,0065	SLD (<0,002)	0,051
14.30 – 15.00	1495 - I	0,0063	SLD (<0,002)	0,056
15.00 – 15.30	1495 - I	0,0059	SLD (<0,002)	0,055
Valoare medie		0,0062	SLD (<0,002)	0,054
Valoarea medie mg/mc (medie zilnică la 24 h)		0,1	0,008	0,15
Valoarea medie de scurtă durată mg/mc V.L.E. (30 min)		0,3	0,015	0,5
Metoda de investigare		STAS 10812-76	STAS 10814-76	STAS 10813-76

Probele de ape uzată au fost prelevate din Bazinul vidanjabil provenite de la igienizarea halelor de creștere a păsărilor, obținute utilizând media aritmetică sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabel 4.2. Măsurători efectuate conform STAS 12574/1987 – Proba de ape uzate din Bazinul vidanjabil provenite de la igienizarea halelor de creștere a păsărilor [35]

Nr. Crt.	Indicatori de calitate	UM	Metode de investigare	Valori obținute	Valori limită admisibile conform AIM nr. 132/16.05.20 22 rev. În 23.04.2014
1.	pH	Unit pH	SR ISO 10523/2009	7,38	6,5 – 8,5
2.	Materii în suspensie	mg/l	SR EN 872/2005	16,0	190
3.	Consum chimic de oxigen (CCO-Cr)	mg O ₂ /l	SR ISO 6060/1996	164,0	250
4.	Consum biochimic de oxigen (CBO ₅)	mg O ₂ /l	SR EN 1899-1/2003	67,2	150
5.	Azot amoniacal	mg/l	SR ISO 7150-1/2001	11,18	20
6.	Detergenți sintetici biodegradabili	mg/l	SR EN 903/2003	0,792	25
7.	Fosfor total	mg/l	SR EN ISO 6878/2005	2,882	5
8.	Substanțe extractibile cu solvenți organici	mg/l	SR 7587/1996	< 20 (7,2)	15
9.	Cloruri	mg/l	SR ISO 9297/2001	135,0	500
10.	Produse petroliere	mg/l	SR 7877/2-1995	SLD (< 0,100)	5
11.	Sulfăți (SO ₄ ²⁻)	mg/l	EPA 472 C	136,0	600
12.	Temperatura	°C	Termometru digital	19,6	30

Se observă faptul că valorile se încadrează în limitele maxim admisibile, nefiind înregistrate depășiri la niciunul dintre indicatori.

4.2. Evaluarea de mediu a activității unor ferme de păsări în alte țări

Brazilia este țara care ocupă poziția de lider în exporturile de carne de pui și ocupă locul trei ca volum de producție. (ABPA, 2021). În 2020, Brazilia a produs 13,84 mii tone de carne de pui, urmată de China, care a produs 14,90 mii tone și de Statele Unite ale Americii, care a produs 20,38 mii tone. Competitivitate ridicată a țării rezultă dintr-un sistem adecvat de biosecuritate, care îndeplinește standardele internaționale de producție, sacrificare și prelucrare a cărnii, permițând astfel exportul cărnii de pui în peste 150 de țări [36].

Performanța lanțului brazilian de producție a puilor se datorează investițiilor în genetică, nutriție și intensificarea producției, precum și suportului tehnic oferit de diferite sectoare ale lanțului, în principal industriile de sacrificare și procesare [36, 37, 38].

În condițiile creșterii cererii de alimente, una dintre cele mai mari provocări pentru menținerea competitivității pe termen mediu și lung este implementarea practicilor de durabilitate a mediului.

În producția braziliană de pui de carne, gunoiul este, în general, tratat prin procese biologice, chimice sau fermentative, ultimul dintre acestea fiind cel mai frecvent [36, 37].

Conform studiului, având în vedere costul redus și conținutul ridicat de nutrienți, se recomandă ca deșeurile să fie utilizate ca îngrășământ organic în agricultură. Înainte de aplicarea pe sol, așternutul de pasăre trebuie tratat pentru a minimiza apariția unor probleme de mediu legate de procesele biologice, fermentative sau chimice [39, 40].

4.3. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de porci

Tabel 4.3. Emisiile în aer [41]

Emisii poluante	Sistemul de creștere a porcinelor
Amoniac (NH ₃)	Adăposturi de animale, depozitarea și distribuția de bălegar
Metan (CH ₄)	Adăposturi de animale, depozitarea și tratarea de bălegar
Oxid de azot (N ₂ O)	Adăposturi de animale, depozitarea și distribuția de bălegar
No _x	Încălzirea spațiilor și instalații de ardere
Dioxid de carbon (CO ₂)	Adăposturi de animale, combustibilul utilizat la încălzire și transport, arderea resturilor
Miros (H ₂ S)	Adăposturi de animale, depozitarea și distribuția de bălegar

Emisii poluante	Sistemul de creștere a porcinelor
Praf	Prepararea hranei, depozitarea hranei, adăposturi de animale, stocarea și distribuirea de bălegar solid
Fum/CO	Incinerarea resturilor

Impactul asupra solului și apelor de suprafață

Criteriul de evaluare utilizat pentru aprecierea caracteristicilor apelor uzate este Normativul NTPA-002/1997 privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților.

Împrăștierea bălegarului pe teren este responsabilă pentru emisiile de numeroși compuși care pot contamina solul, apele subterane și apele de suprafață. Deși există tehnici de tratare a bălegarului, aplicarea acestuia direct pe teren rămâne metoda cea mai utilizată. Bălegarul poate funcționa eficient ca fertilizator, dar, atunci când este aplicat în exces față de capacitatea de absorbție a solului și necesarul recoltelor, devine o sursă semnificativă de emisii.

4.4. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de porci în alte țări

Un studiu realizat la patru ferme de reproducție și opt ferme de porci de îngrășare, situate în provincia Modena, din Italia, a analizat categoriile de impact asupra încălzirii globale, acidifierii, eutrofizării, epuizării abiotice și formarea ozonului foto-chimic. Gazele cu efect de seră responsabile pentru încălzirea globală au fost în principal CH₄, N₂O și CO₂, amoniacul fiind cea mai importantă sursă de acidifiere. Nitrații și NH₃ au fost principalele emisii responsabile pentru eutrofizare, în timp P și NO_x au fost prezenți într-un procent foarte mic. Consumul de țiței și gaze naturale a fost principala sursă de epuizare abiotică. Ozonul foto-chimic este format din: CH₄ ce rezultă din fermentarea gunoiului de grajd, CO₂ cauzate de arderea combustibililor fosili în activitățile agricole și procesele industriale, etan și propen emise în timpul extracției petrolului și hexan utilizat în extracția uleiului de soia [42].

În vederea reducerii impactului asupra mediului, trebuie acordată o atenție deosebită sistemele de producție a furajelor, care au un rol relevant în ambele faze și pentru toate categoriile de impact. Acest lucru este valabil mai ales pentru acele categorii de impact care iau în considerare calitatea apei și a aerului, deoarece dacă furajele sunt utilizate eficient, intră în sistemul de producție o cantitate mai mică de compuși de azot, fie ca îngrășămintă, fie ca îngrășămintă organice, cu emisii reduse de N₂O, NH₃ and NO₃⁻.

4.5. Evaluarea de mediu a activității unei ferme de vaci

Depozitarea dejecțiilor nefermentate generează o cantitate semnificativă de metan. Procesarea acestora într-o stație de biogaz permite descompunerea dejecțiilor și arderea

metanului, care este apoi transformat în energie. Această metodă reduce considerabil impactul negativ asupra mediului. Dioxidul de carbon emis în urma arderii provine din carbonul recent extras de plante, nu din surse de energie dintr-o epocă geologică anterioară, integrându-se astfel într-un ciclu ecologic. Producția de energie în stațiile de biogaz este considerată neutră din punct de vedere al emisiilor de carbon.

Principalele caracteristici ale emisiilor rezultate în urma funcționării sistemului de cogenerare sunt prezentate în tabelul următor:

Tabel 4.4. Emisii rezultate în urma funcționării sistemului de cogenerare [43]

Emisiil poluante	Debit masic (g/h)	Debit gaze (m³N/h)	Concentrația în emisie (mg/Nm³)	Prag de alertă* (mg/Nm³)	Prag de intervenție** (mg/Nm³)
Pulberi PM ₁₀	2,05	811,6	2,52	3,5	5
CO	21,76	811,6	26,81	70	100
NO _x	54,4	811,6	67	245	350
SO _x	0,652	811,6	0,8	24,5	35

* 70 % din valoarea limită a concentrației la emisie prevăzută de OM 462/1993 pentru aprobarea Condițiilor tehnice privind protecția atmosferică și Normelor metodologice privind determinarea emisiilor de poluanți atmosferici produși de surse staționare

**valoarea limită a concentrației la emisie prevăzută de OM 462/1993

Rezultatele obținute arată că emisiile de poluanți generate de sistemul de cogenerare respectă prevederile Ordinului 462/1993. Concentrațiile de poluanți în emisie sunt sub pragurile de alertă și de intervenție stabilite pentru această categorie de surse.

Posibilitatea de poluare a solului ca urmare a desfășurării activității ar putea fi evacuarea apelor uzate, gestionarea deșeurilor și dejecțiilor.

Activitatea de producție (creșterea vacilor de lapte) este organizată în hale de producție și auxiliare închise, apele uzate sunt colectate printr-un sistem de canalizare închis al incintei, iar deșeurile menajere și tehnologice sunt colectate pe categorii și eliminate/valorificate în mod corespunzător.

Datorită dotărilor existente se asigură un nivel de protecție ridicat asupra apelor de suprafață și subterane. Prin canalizarea apelor în sistem divizor, precum și prin prevederea separatoarelor de grăsimi și nămol pentru preepurarea apelor uzate, evacuarea apelor reziduale de pe platforma fermei se face în condițiile respectării NTPA 002/2002.

Datorită dotărilor existente, activitatea desfășurată în cadrul complexului zootehnic studiat nu influențează calitatea solurilor de pe amplasament.

4.6. Evaluarea de mediu a activității unor ferme de vaci în alte țări

Studiul de caz al unei ferme de producere a laptelui din Italia a avut ca scop evaluarea diferitelor stagii de diminuare a impactului potențial asupra mediului. Au fost comparate performanțele de mediu obținute de la o fermă convențională din zona de nord a Italiei cu rezultatele obținute în cadrul unei ferme care a adoptat digestia anaerobă în tratarea dejecțiilor. Cercetătorii au constatat că în scenariul digestiei anaerobe, impactul asupra mediului a fost redus semnificativ, cel mai important avantaj fiind acela că acidifierea a scăzut cu 29 %, încălzirea globală s-a diminuat cu 22 %, iar potențialul de eutrofizare a scăzut cu 18 % [44].

În concluzie, principala problemă a utilizării digestatului este eliberarea de azot în mediu, care poate fi redusă prin aplicarea celor mai bune practici pentru menținerea calității solului.

4.7. Cercetări privind impactul depozitării dejecțiilor animaliere asupra mediului înconjurător

Creșterea cantităților de deșuri provenite din agricultură este una dintre problemele majore de mediu pe care le întâmpină omenirea. Procedul de obținere a biogazului prin digestie anaerobă constituie o preocupare a cercetătorilor și este considerată ca fiind cea mai bună soluție în cazul gunoiului de grajd, prin transformarea dejecțiilor organice în energie verde și fertilizant organic pentru agricultură. S-a avut în vedere posibilitatea folosirii digestiei anaerobe a gunoiului de grajd pentru a minimiza emisiile și de a înlocui combustibilii utilizați în cadrul fermelor cu biogazul. Dacă fermele ar aplica digestia anaerobă, s-ar diminua gazele cu efect de seră, iar metanul care rezultă ar putea fi folosit ca și combustibil în cadrul fermelor.

Activitatea de creștere intensivă a animalelor domestice a condus la apariția în timp a unui deficit de spațiu necesar producerii cantităților de nutrețuri și depozitării reziduurilor animaliere ce rezultă din activitatea desfășurată. Astfel, din dejecțiile animaliere rezultă cantități importante de nutrienți în exces, drept pentru care este nevoie de aplicarea unor măsuri de management al bioreziduurilor, pentru prevenirea unor consecințe grave, așa cum sunt:

- Poluarea apelor freactice și de suprafață cauzată de scurgerile de nutrienți.
- Distrugerea structurii solului și a microbiotei acestuia.
- Distrugerea populației specifice de plante ierbacee și formarea vegetației tipice terenurilor cu exces de nutrienți.
- Riscuri majore de emisii de metan și amoniac.
- existență muștelor și a mirosurilor neplăcute, din cauza depozitării gunoiului de grajd și împrăștierea acestuia.
- Pericolul contaminării cu agenți patogeni și al răspândirii acestora [45].

4.7.1. Impactul depozitării dejecțiilor animaliere și tratării materiilor prime

Principalele emisii de gaze cu efect de seră (GES) din agricultură se datorează CH₄ și N₂O.

În vederea reducerii gazelor cu efect de seră, trebuie acordată o atenție deosebită producerii biogazului, depozitării dejecțiilor animaliere și tratării materiilor prime utilizate în activitățile zootehnice. Stocarea materiei prime influențează emisiile de gaze cu efect de seră, în sensul că, cea mai mare parte a emisiilor de N₂O poate fi redusă atunci când se folosește un depozit de dejecții etanș [46].

4.7.2. Impactul digestatului asupra mediului înconjurător

Un punct important pentru dezvoltarea pieței biogazului este soarta digestatului, care este adesea problematică. O propunere de regulament privind îngrășămintele va fi înaintată la Comisia Europeană care propune recunoașterea digestatului ca îngrășământ organic ce poate fi vândut în întreaga UE. Un alt impact puternic asupra sectorului biogazului ar putea fi posibila interzicere de către Europa a depozitării deșeurilor și limitarea incinerării deșeurilor organice, precum și creșterea semnificativă a obiectivelor Uniunii Europene de reciclare. Acest lucru este în favoarea digestiei anaerobe, deoarece este recunoscut ca un proces de reciclare [47].

Prin digestie anaerobă, în absența oxigenului, materia organică este descompusă de bacterii. Așa se formează biogazul, care conține metan (CH₄) și dioxid de carbon (CO₂) cu urme de alte gaze; și digestatul, o substanță asemănătoare șlamului care conține materialele reziduale.

În concluzie, principala problemă a utilizării digestatului este eliberarea de azot în mediu, care poate fi redusă prin aplicarea celor mai bune practici pentru menținerea calității solului.

4.7.3. Cercetări experimentale privind tratarea așternutului folosit în halele de creștere a păsărilor

Agricultura intensivă produce cantități uriașe de deșeuri organice și datorită faptului că acestea pot fi reciclate aducând unele beneficii pentru sol, în prezent există o cerere din ce în ce mai mare pentru reciclarea acestora.

Activitățile zootehnice generează o cantitate mare de deșeuri organice, precum gunoiul de grajd, așternutul, care trebuie eliminate corespunzător, fără să polueze solul, apa și aerul (mirosuri, NH₃, NH₄, CO₂).

Prin compostare, o parte din materia organică este mineralizată în dioxid de carbon, în timp ce o altă parte este transformată în substanțe humice, care reprezintă un indice valoros de stabilizare a materiei organice [48, 49].

4.7.4. Materii prime ce pot fi folosite în procesul de compostare

Procesul de compostare va avea două etape: tratarea mecanică (mărunțirea dejecțiilor până la omogenizare) și tratarea biologică (fermentarea). După ce dejecțiile sunt mărunțite până la omogenizare, acestea sunt pregătite pentru tratarea biologică. Aceasta presupune trei faze:

- Faza 1 – materia organică se descompune la o temperatură cuprinsă între 25 – 40° C
- Faza 2 - materia organică se descompune datorită bacteriilor la o temperatură cuprinsă între 50 – 70° C
- Faza 3 – materia organică se transformă în compost, la o temperatură de 35 – 45° C

În vederea obținerii unui compost calitativ, este nevoie ca materia organică să fie bogată în carbon, așa cum sunt paiele, rumegușul, crengilor copacilor, dar și în azot, așa cum sunt frunzele, buruienile sau resturile de fructe și legume.

De asemenea, umiditatea are un rol foarte important, deoarece aceasta conferă un mediu de viață propice pentru bacterii, iar aerul contribuie la descompunerea materiei de către microbi.

4.8. Posibilități de diminuare a poluării

4.8.1. Managementul de mediu al deșeurilor agro-zootehnice

O componentă esențială a dezvoltării durabile este managementul de mediu al deșeurilor agrozootehnice. Dacă nu sunt gestionate corespunzător, deșeurile agrozootehnice care rezultă din activitățile agricole și activitățile de creștere a animalelor, reprezintă o sursă majoră de poluare.

Un management eficient al deșeurilor agrozootehnice presupune ca primă fază **colectarea și separarea adecvată a deșeurilor**, ceea ce prevede implementarea unor sisteme de colectare separată pentru deșeurile organice și cele anorganice, asigurându-se că fiecare tip de deșeu este tratat în mod corespunzător.

Piramida valorificării deșeurilor este formată din cinci nivele, ordonate de la cele mai eficiente și durabile opțiuni la cele mai puțin favorabile.

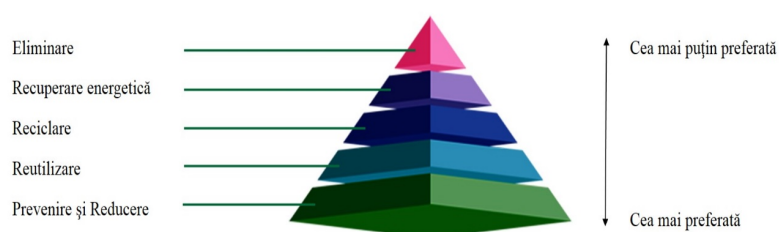


Fig. 4.4. Piramida deșeurilor [50]

4.8.2. Biogazul – o soluție pentru tratarea deșeurilor animaliere

Conceptul de economie circulară urmărește renunțarea la resursele naturale în activitățile economice și vizează trecerea către resursele regenerabile, eliminând deșeurile și poluarea din sistem. Ea propune un model în care resursele sunt regenerabile, refolosibile și reciclabile.



Fig. 4.5. Economia circulară [51]

Una din problemele majore de mediu pe care le întâmpină omenirea în prezent este creșterea cantităților de deșeuri care provin din agricultură. Pentru ca numărul depozitelor de deșeuri să scadă, este nevoie să apelăm la surse alternative de energie, cu efecte benefice asupra mediului înconjurător, așa cum este producția de biogaz.

Biogazul este un combustibil regenerabil care poate fi produs din materii organice, cum ar fi deșeurile animaliere și deșeurile vegetale, nămolul de la stațiile de epurare a apei sau deșeurile menajere. Biogazul poate fi folosit pentru producerea de energie electrică, termică sau pentru alimentarea vehiculelor.

Deșeurile animaliere au un potențial ridicat de energie pentru obținerea de biogaz și sunt ușor accesibile oriunde există o fermă pentru creșterea animalelor.

Biogazul rezultat din digestia anaerobă a deșeurilor solide/lichide precum excrementele de bovine și porcine, deșeurile de bucătărie, nămolurile de ape uzate, deșeurile agroindustriale, biomasa lignocelulozică este una dintre cele mai favorabile surse de bioenergie [52, 53, 54, 55, 56, 57, 58].

Biogazul poate contribui în mare măsură la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră. Utilizarea biogazului poate îmbunătăți calitatea aerului și poate reduce emisiile de gaze cu efect de seră. Biogazul a fost sugerat ca și combustibil pentru gătit, încălzirea locuinței și a apei, uscarea culturilor, refrigerare, irigare și generarea de energie electrică [59].

Procedeul de obținere a biogazului prin digestie anaerobă constituie o preocupare a cercetătorilor și este considerată ca fiind cea mai bună soluție în cazul gunoiului de grajd, prin transformarea dejecțiilor organice în energie verde și fertilizant organic pentru agricultură.

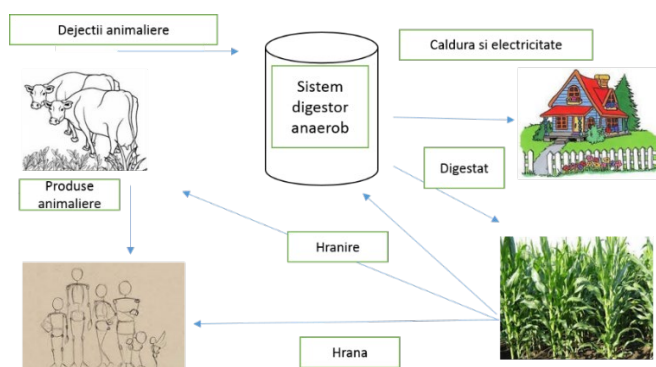


Fig. 4.6. Producție de biogaz cu diverse aplicații: îngrășământ, iluminat și electricitate [60]

4.8.2.1. Studiu de literatură cu privire la obținerea biogazului

Dejecțiile animaliere sunt o potențială sursă de energie, mai puțin costisitoare și ar putea fi utilizată eficient pentru producerea de energie utilizând biogazul, dar și pentru producerea de energie electrică. Tratarea dejecțiilor animaliere folosind procedeul de digestie anaerobă reduce semnificativ impactul negativ pe care îl generează aceste dejecții asupra mediului înconjurător [59].

În absența aerului, biogazul este obținut prin procesul de digestie anaerobă de către mai multe specii de microorganisme, în patru etape principale și anume: hidroliză, acidogeneză, acetogeneză și metanogeneză [61, 62]. Digestia anaerobă a biosolidelor implică conversia biologică a materiei organice solubile dizolvate în biogaz, alcooli, acizi grași volatili și reziduuri organice bogate în azot [63].

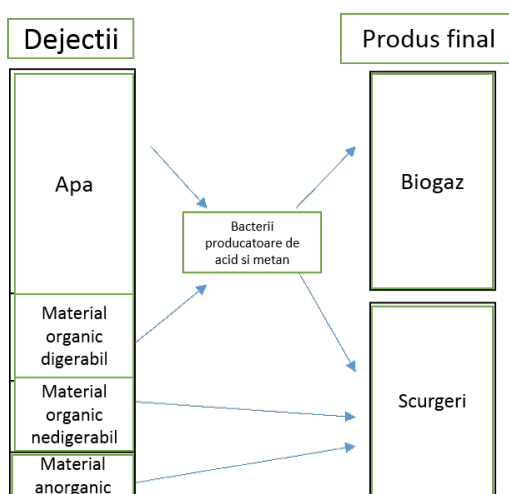


Fig. 4.7. Separarea gunoiului de grajd într-un digester anaerob [65]

În general, o instalație de obținere a biogazului este formată din câteva componente principale:

- digestorul (rezervorul în care are loc procesul de digestie anaerobă)
- sistemul de alimentare cu materia primă (alimentează digestorul cu materia primă necesară procesului de digestie anaerobă)
- sistemul de evacuare a biogazului (colectează și evacuează biogazul din digestor)
- sistemul de tratare a biogazului (eliberează impuritățile din biogaz, așa cum este hidrogenul sulfurat)
- sistemul de ardere a biogazului (este utilizat pentru producerea de energie electrică și termică)

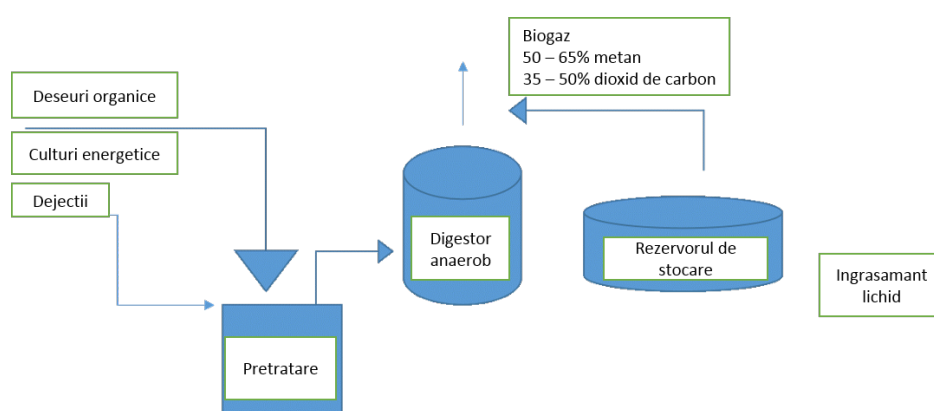


Fig. 4.8. Producția de biogaz și îngrășământ [65]

Amestecul organic, care furnizează substratul procesului de digestie anaerobă, poate cuprinde o mare varietate de surse de carbon organic, variind de la nămol de canalizare brut la deșeurile municipale sau materiale din biomasă, cum ar fi deșeurile de plante și culturi [66].

În ultimii ani s-au înregistrat progrese semnificative în ceea ce privește dezvoltarea tehnologiilor de producere a biogazului, progrese ce au condus la reducerea costurilor de producție a biogazului, ceea ce face ca acesta să fie din ce în ce mai competitiv față de alte surse de energie.

Biogazul are potențialul de a contribui semnificativ la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la diversificarea surselor de energie.

În agricultură, utilizarea digestiei anaerobe are multiple beneficii precum: reducerea poluării apei și a necesarului de îngrășăminte minerale.

Biomasa este în prezent considerată una dintre cele mai vitale surse de energie regenerabilă, utilizarea sa contribuind la reducerea consumului global de combustibili fosili și la îndeplinirea obiectivelor privind emisiile de dioxid de carbon [67].

CAPITOLUL 5. CERCETĂRI PROPRII CU PRIVIRE LA OBȚINEREA BIOGAZULUI DIN DEȘEURILE AGROZOOOTEHNICE

5.1. Materiale folosite

Această cercetare a investigat potențialul deșeurilor provenite de la păsări, bovine și porci pentru producția de biogaz prin procesul de digestie anaerobă. În ultima perioadă, procesul de fermentație anaerobă al dejecțiilor animale a devenit o soluție promițătoare pentru producția de biogaz prin digestia anaerobă. Tehnologia de digestie anaerobă este considerată nu doar o modalitate de rezolvare a problemelor de mediu, ci și o sursă potențială de energie, contribuind totodată la rezolvarea problemelor economice și sociale. Această cercetare a investigat potențialul deșeurilor provenite de la păsări, bovine și porci pentru producția de biogaz prin procesul de digestie anaerobă.

Deoarece nu se găsesc lucrări de cercetare care să utilizeze dejecțiile animaliere provenite de la diferite animale, în același biodigester, am ales să încerc mai multe variante de amestecuri, care să conțină atât dejecții de păsări, dejecții de vaci, dar și de porci.

În această lucrare, principalul obiectiv al cercetării este dezvoltarea unui amestec optim de dejecții animaliere și subproduse agroalimentare pentru a obține biogaz.

Am preparat și testat 27 de rețete de amestecuri în 3 seturi, utilizând dejecții animaliere prelevate de la ferme situate în județul Teleorman. Astfel, trei probe diferite de dejecții animaliere au fost caracterizate pentru a studia procesul de co-digestie anaerobă. Proprietățile fizico – chimice au fost evaluate prin analize de laborator cu ajutorul Laboratorului pentru protecția mediului WESSLING România SRL.

Probele de dejecții animaliere le-am păstrat la o temperatură de $(-4)^{\circ}\text{C}$, într-un recipient închis, ferit de lumină. Inoculul pe care l-am folosit pentru a grăbi procesul de digestie anaerobă, l-am prelevat de la o stație de epurare din județul Teleorman.

Experimentele le-am realizat utilizând Instalația de producere a biogazului Gas Endeavour, cu o capacitate mică (15 reactoare din sticlă de 500 ml) și la o temperatură constantă de 37°C



Fig. 5.1. Instalație de producere a biogazului Gas Endeavour (Automatic Gas Flow Measuring System)

Cu instalația Gas Endeavour, analiza și înregistrarea datelor este complet automată.



Fig. 5.2. Amestecuri optime de dejecții animaliere și subproduse agroalimentare pentru a obține biogaz folosind Gas Endeavour

Faza de pregătire a probelor a constat în recoltarea probelor de la fața locului și caracterizarea substanței organice prin determinarea conținutului de substanță uscată și substanță volatilă. Probele au fost recoltate dimineața, pentru a păstra caracteristicile biologice intacte și a nu contamina probele.

Modul de calcul al rețetelor s-a realizat ținând cont ca raportul C/N să fie cuprins între 15 și 25 și să aibe o umiditate a amestecului de cel puțin 90%.

Pregătirea și punerea în funcțiune a instalației Gas Endeavour a constat în pregătirea și încărcarea celor 15 reactoare din sticlă cu substrat, după rețetele amestecurilor calculate anterior.

După realizarea acestor faze, instalația este pregătită de a fi pusă în funcțiune, urmând a se realiza conectarea reactoarelor cu modulul de tratare a biogazului, acolo unde are loc reținerea CO₂. Monitorizarea și controlul instalației s-a făcut cu ajutorul unui laptop, care a înregistrat și a prelucrat datele.

Înregistrarea datelor experimentale s-a realizat pe o durată de 10 – 15 zile, timp în care instalația a funcționat fără oprire. Instalația a calculat valoarea potențialului de producție a biogazului pentru fiecare experiment.

S-au monitorizat atent experimentele pentru a fi menținute cele mai bune condiții pentru dezvoltarea bacteriilor anaerobe în reactorul de fermentare: o temperatură optimă, pH-ul, alimentarea continuă cu substrat.

S-a început testarea experimentelor cu patru rețete care au avut ca substrat un amestec de materiale organice cu o concentrație de 10 % solide (dejecții animaliere, deșeuri

vegetale, deșeuri alimentare) și restul apă, am continuat experimentele cu încă 8 rețete și apoi cu încă 15 rețete, cu aceleași amestecuri de materiale, dar în proporții diferite pentru a vedea cum influențează compoziția amestecului obținerea biogazului.

5.2. Rezultate obținute

Substratul este un amestec de materiale organice cu o concentrație de 10 % solide (dejecții animaliere, deșeuri vegetale, deșeuri alimentare) și restul apă.

Pentru ca distribuția bacteriilor anaerobe să se facă uniform în întregul substrat, în vederea realizării procesului de co-digestie anaerobă, am combinat mai multe substraturi cu o concentrație de 10 % solide cu 40 g inocul (care este o cultură de bacterii anaerobe pregătită anterior) și apoi le-am introdus în reactoarele de fermentare cu un volum util de 400 g.

Primul set de experimente cuprinde patru rețete de amestec folosind ca deșeuri organice frunze verzi (tomate), paie de grâu, iarbă gazon, cartof și dejecții animaliere de porc, bovine și pasăre, în proporții diferite.

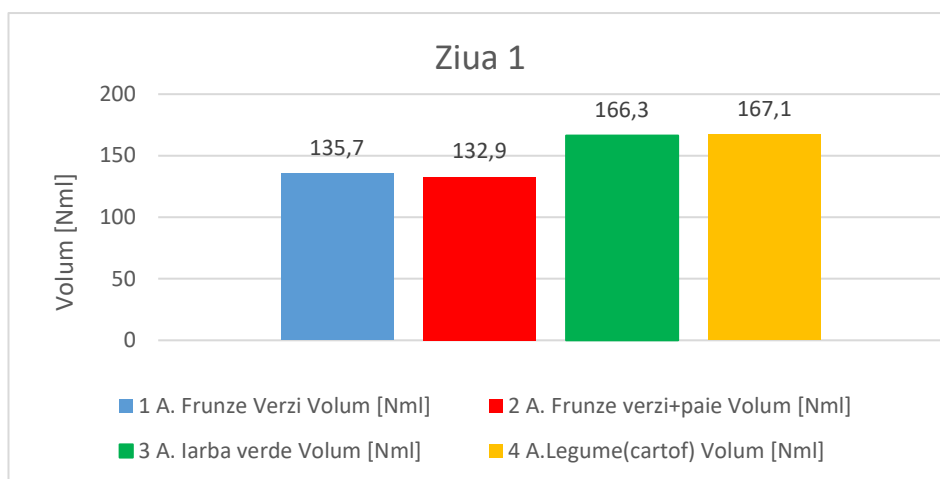


Fig. 5.3. Rezultate experimente biogaz generat, Volum [Nml] – Ziua 1

După prima zi de obținere a biogazului, cel mai mare randament pentru producerea de biogaz a fost obținut pentru două rețete de amestec testate, și anume: rețeta nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul și rețeta nr. 4 care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartoful 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul. Rețetele 3 și 4 au generat aproximativ aceeași valoare a debitului de biogaz.

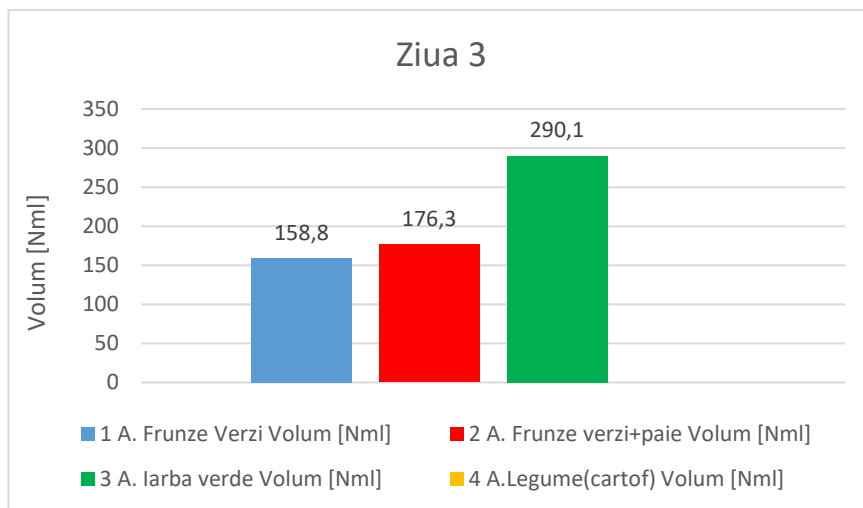


Fig. 5.6. Rezultate experimente biogaz generat, Volum [Nml] – Ziua 3

În ziua a treia de digestie anaerobă, cel mai bun rezultat pentru generarea de biogaz este realizat tot de amestecul nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, acesta înregistrând 290,1 Volum [Nml], urmat de amestecul nr. 2 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 10 %, paie de grâu 10 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, generând biogaz până la 176,3 Volum [Nml].

Rețeta care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartof nu a mai generat biogaz.

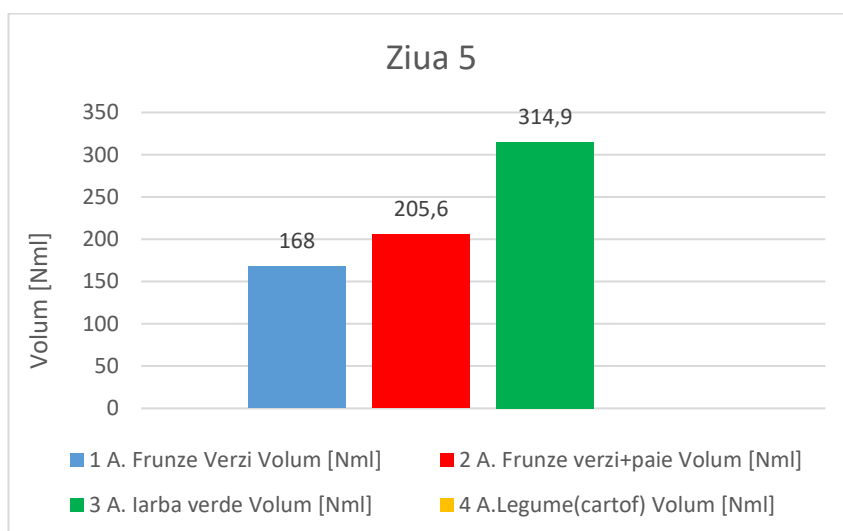


Fig. 5.4. Rezultate experimente biogaz generat, Volum [Nml] – Ziua 5

În ziua a cincea de efectuare a experimentului crește debitul de generare a biogazului la amestecul nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, înregistrând în jur de 350 Volum [Nml], în schimb la celelalte amestecuri nu s-a mai înregistrat nicio creștere.

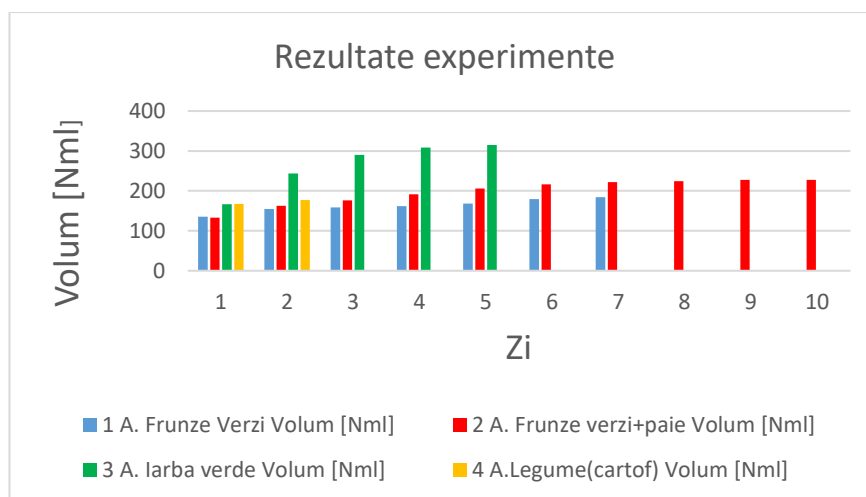


Fig. 5.5. Rezultate experimente – Volum [Nml]

În figura 5.5. am făcut o prezentare centralizată a experimentelor, din care desprindem următoarele concluzii:

- Amestecul care a generat timp de 9 zile biogaz este amestecul nr. 2 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 10 %, paie de grâu 10 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, înregistrând 200 - 230 Volum [Nml].
 - În primele cinci zile, cea mai mare generare de biogaz a fost dată de amestecul nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, înregistrând 240 - 320 Volum [Nml].
 - Amestecul nr. 4 care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartoful 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul a generat biogaz doar în primele două zile.
 - Amestecul nr. 1 a generat biogaz timp de șapte zile, înregistrând 140 – 180 Volum [Nml].
- Rezultatele au fost exprimate și sub formă de debit biogaz generat/zi

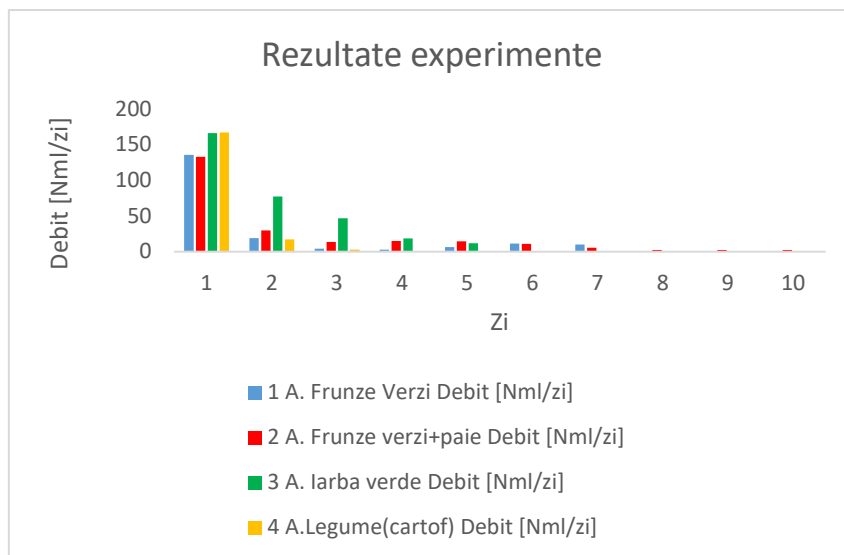


Fig. 5.6. Rezultate experimente - Debit [Nml/zi]

Așa cum se observă din Fig. nr. 5.6, cel mai mare debit a fost înregistrat în prima zi, aceste debite scăzând în ziua 2, 3, 4, 5,6, 7, rămânând un debit mic pentru amestecul nr. 2 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 10 %, paie de grâu 10 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul.

Am continuat experimentele, cu al doilea set de de experimente, prelevând dejecții animaliere de la ferme situate în județul Teleorman, iar inoculul l-am prelevat de la o stație de epurare din județul Teleorman.



Fig. 5.7. Digestie anaerobă - experiment la scară de laborator [68]

Am combinat mai multe tipuri de materiale organice cu o concentrație de 10% solide și am adăugat inocul, o cultură de bacterii anaerobe. Aceste amestecuri le-am fost introdus în reactoarele de fermentare cu un volum util de 400 g, încercând astfel să distribuim uniform

bacteriile anaerobe în întregul substrat pentru a facilita realizarea procesului de co-digestie anaerobă.

Amestecurile de materii prime au respectat un raport C/N cuprins între 15 și 25 și au avut o umiditate a amestecului de cel puțin 90%.

Reactorul utilizează în procesul de fermentare tehnica de agitare continuă în vederea menținerii unei mișcări constante și uniforme a amestecului de substanțe. Astfel, este asigurată distribuția uniformă a nutrienților, a oxigenului sau a altor elemente esențiale în soluția de fermentare.

Pe aceleași amestecuri testate anterior, dar cu proporții diferite am folosit 8 rețete de amestec.

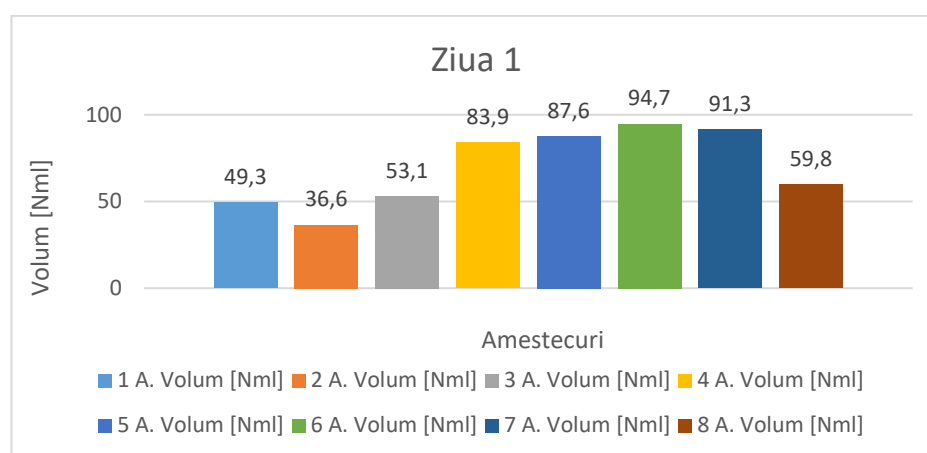


Fig. 5.8. Rezultate experimente biogaz generat folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, paie, iarbă verde, Volum [Nml] – Ziua 1

În prima zi de digestie anaerobă, instalația a înregistrat cel mai mare volum de biogaz la experimentul nr. 6, care a avut ca materie primă: iarbă verde 35%, dejecții porcine 20%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, urmat de experimentul nr. 7, care a avut ca materie primă: iarbă verde 40%, dejecții porcine 15%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%.

În a treia zi de digestie anaerobă, volumul de biogaz generat este în creștere la toate experimentele, la experimentul nr. 5 care a avut ca materie primă: iarbă verde 30%, dejecții porcine 25%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 290,23 g, fiind înregistrat cel mai mare volum de biogaz, urmat de experimentul nr. 4 care a avut un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g.

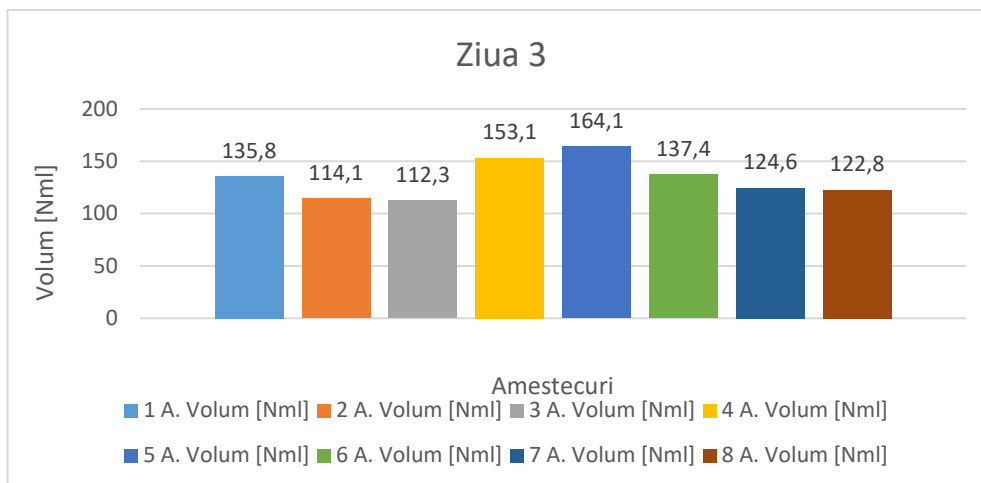


Fig. 5.18. Rezultate experimente biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, paie și iarbă verde, Volum [Nml] – Ziua 3

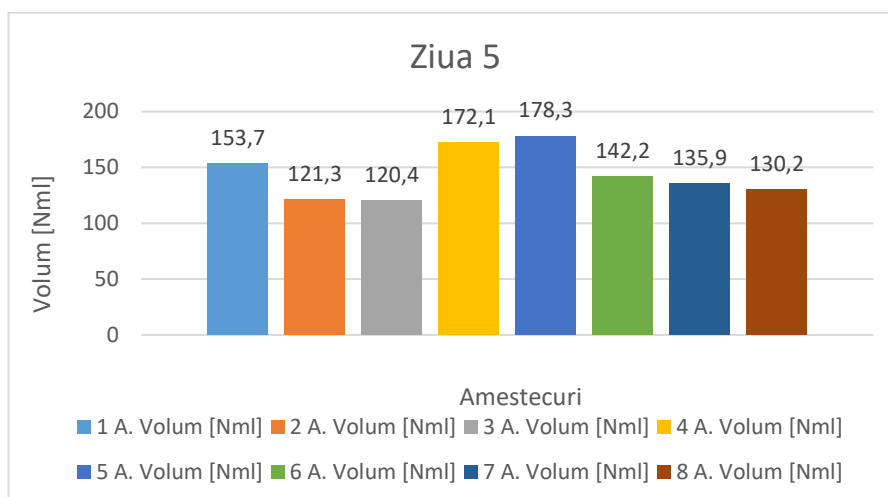


Fig. 5.9. Rezultate experimente biogaz generat, Volum [Nml] – Ziua 5

În ziua a cincea de la demararea experimentelor, ca și în zilele anterioare, instalația a înregistrat un volum mai mare de biogaz tot la amestecurile care au în compoziția lor iarbă verde, amestecurile care conțin și paie de grâu înregistrând randament mai mic de biogaz generat. Observația că amestecurile care conțin iarbă verde au generat un volum mai mare de biogaz decât cele care conțin și paie de grâu poate fi rezultatul diferențelor în compoziția chimică și caracteristicile de degradare ale acestor materiale. Iarba verde poate avea un conținut mai mare de substanțe fermentabile, precum carbohidrați și alte componente solubile în apă, care sunt mai ușor accesibile pentru microorganismele implicate în procesul de digestie anaerobă. Acest lucru poate duce la o descompunere mai eficientă și la o producție mai mare de biogaz. În schimb, paiele de grâu conțin cantități mai mari de componente care sunt mai rezistente la degradare.

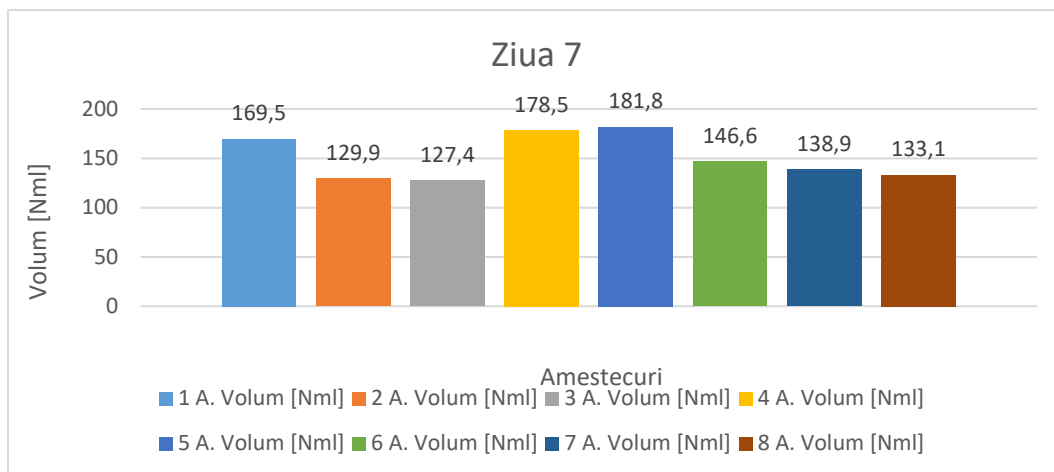


Fig. 5.10. Rezultate experimente biogaz generat, Volum [Nml] – Ziua 7

Volumul de biogaz generat continuă să crească și în ziua a șaptea de digestie anaerobă, cele mai mari volume de biogaz generat fiind înregistrate tot la experimentele nr. 5 și nr. 4, care conțin iarbă verde în compoziție.

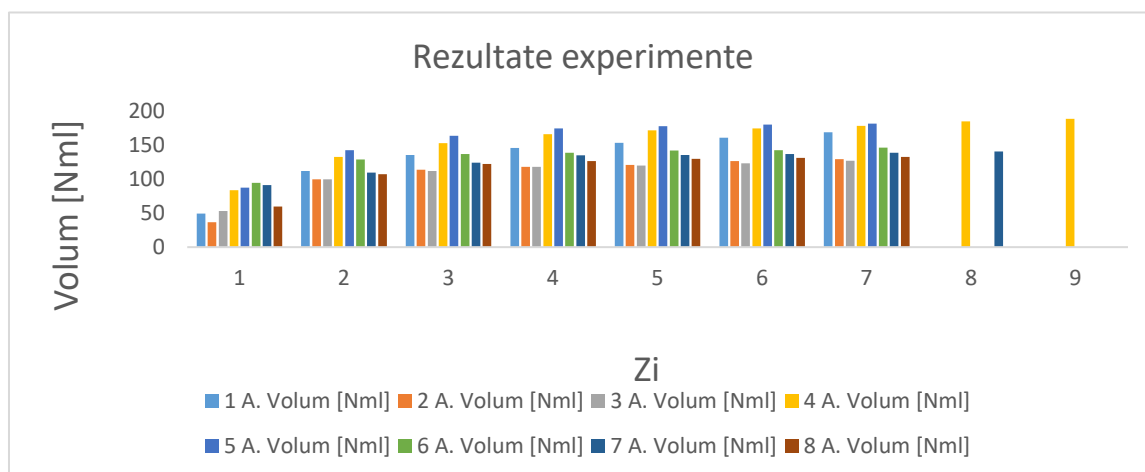


Fig. 5.11. Rezultate experimente biogaz generat, folosind amestecuri de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, paie, Volum [Nml]

În figura 5.25. am făcut o prezentare centralizată a experimentelor, din care desprindem următoarele concluzii:

- Volumul cel mai mare de biogaz generat 189,2 Volum [Nml] a fost înregistrat în ziua a noua, de amestecul nr. 4 care a avut în compoziție un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g.
- Experimentul nr. 7 care a constat într-un amestec de iarbă verde 40 %, dejecții animaliere de porc 15 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul

278,23 g, și experimentul 8 care a constat într-un amestec de iarbă verde 45 %, dejecții animaliere de porc 10 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 272,23 g au înregistrat rezultate bune în a doua zi, iar volumul de biogaz generat crește față de prima zi.

- În ziua a treia, toate experimentele au înregistrat o creștere pentru toate rețetele, cele mai bune rezultate fiind înregistrate la experimentul nr. 5, urmat de experimentul nr. 6, respectiv experimentul nr. 1.
- În ziua a cincea crește generarea de biogaz pentru toate experimentele, cea mai mare creștere fiind înregistrată la experimentele nr. 5 și 4, urmate de experimentele 1, 6, experimentul nr. 7 care a constat într-un amestec de iarbă verde 40 %, dejecții animaliere de porc 15 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 278,23 g și experimentul 8 care a constat într-un amestec de iarbă verde 45 %, dejecții animaliere de porc 10 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 272,23 g,2,3.

Rezultatele s-au exprimat și sub formă de debit, debitul cel mai mare fiind înregistrat în ziua a doua și scade în zilele 3, 4, 5, 6, 8.

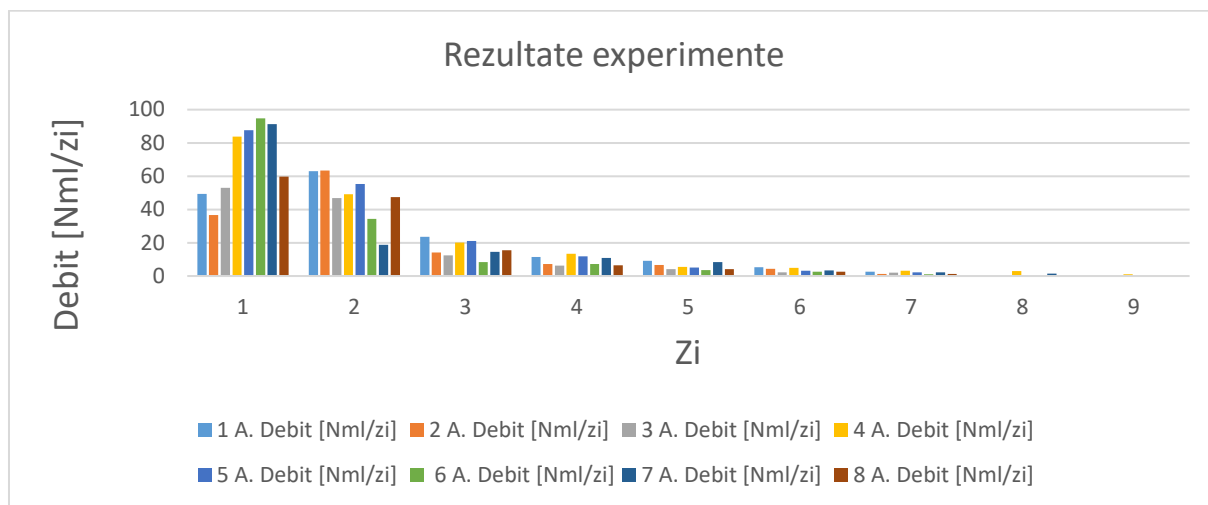


Fig. 5.12. Rezultate experimente folosind amestecuri de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarba verde, paie - Debit [Nml/zi]

Experimentele au fost atent monitorizate fiind menținute cele mai bune condiții de temperatură, pH-ul, alimentare continuă cu substrat. Fermentarea anaerobă s-a făcut prin mestecarea substratului cu inocul, ceea ce a grăbit procesul de fermentare.

Nivelul maxim de biogaz a fost obținut după 7 zile de digestie anaerobă.

Am continuat experimentele cu al treilea set de rețete, prelevând dejecții animaliere de la ferme situate în județul Teleorman, iar inoculul l-am prelevat de la o stație de epurare din județul Teleorman.

Pe aceleași amestecuri testate anterior, dar cu proporții diferite am folosit 15 rețete de amestec.



Fig. 5.13. Probe cu amestecurile utilizate în digestia anaerobă

În prima zi de digestie anaerobă, experimentul nr. 14 a generat cel mai mare volum de biogaz, care a avut ca materie primă: iarbă verde 30 g, cartofi 30 g, paie 20 g, dejecții porcine 12 g, dejecții bovine 17,14 g și dejecții de păsări 12,63 g, urmat de experimentul nr. 9, care a avut ca materie primă: iarbă verde 45 g, cartofi 35 g, dejecții porcine 12 g, dejecții bovine 17,14 g și dejecții de păsări 12,63 g, apoi urmat de experimentul nr. 1, care a avut ca materie primă: iarbă verde 20 g, cartofi 20 g, dejecții porcine 70,39 g, dejecții bovine 23,529 g și dejecții de păsări 53,78 g și de experimentul nr. 8, care a avut ca materie primă: iarbă verde 40 g, cartofi 40 g, dejecții porcine 12 g, dejecții bovine 17,14 g și dejecții de păsări 12,63 g.

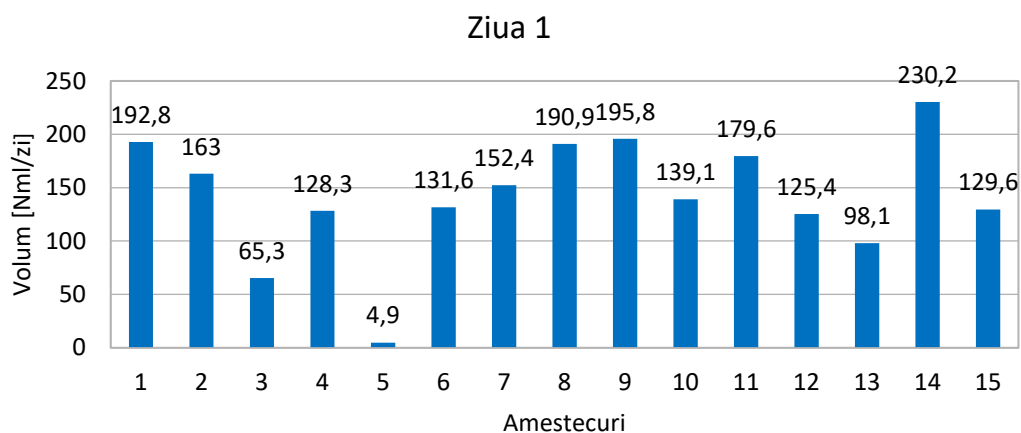


Fig. 5.14. Rezultate experimente biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie, Volum [Nml] – Ziua 1

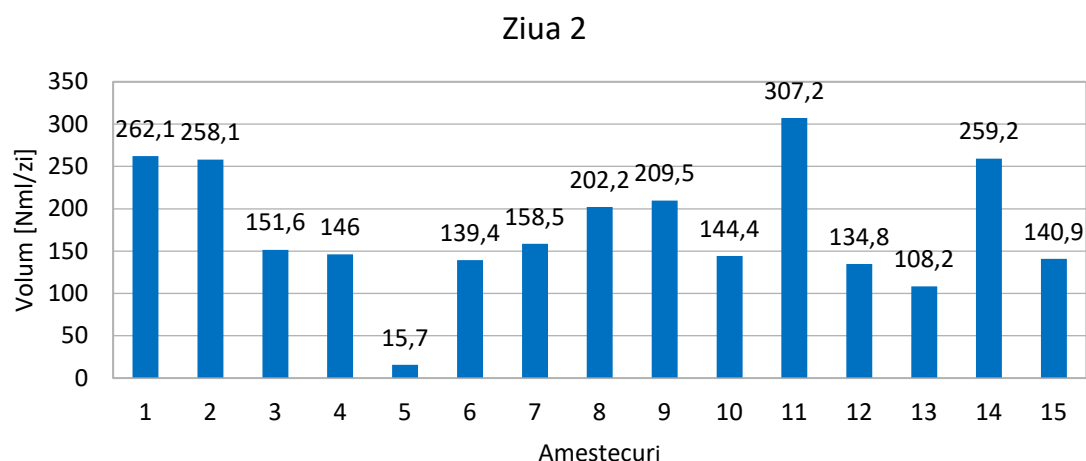


Fig. 5.15. Rezultate experimente biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie, Volum [Nml] – Ziua 2

Față de prima zi de digestie anaerobă, în ziua a doua se observă o creștere a volumului de biogaz generat la toate experimentele, fiind înregistrată cel mai mare volum de biogaz la experimentul nr. 11 care a avut ca materie primă: iarbă verde 20 g, cartofi 10 g, paie 10 g, dejecții porcine 70,39, dejecții bovine 23,52 g și dejecții de păsări 53,78 g, urmat de experimentele nr. 1, 2 și 14.

În a patra zi de fermentare anaerobă, volumul de biogaz generat continuă să crească la aproape toate experimentele, cele mai mari volume de biogaz generat fiind înregistrate la experimentele nr. 11, nr. 2 și nr. 1, de unde se observă faptul că cele mai bune amestecuri sunt cele care au în compoziția lor iarbă verde și cartofi. Experimentele nr. 3, 5, 7, 8, 9 și 10 nu au mai generat biogaz.

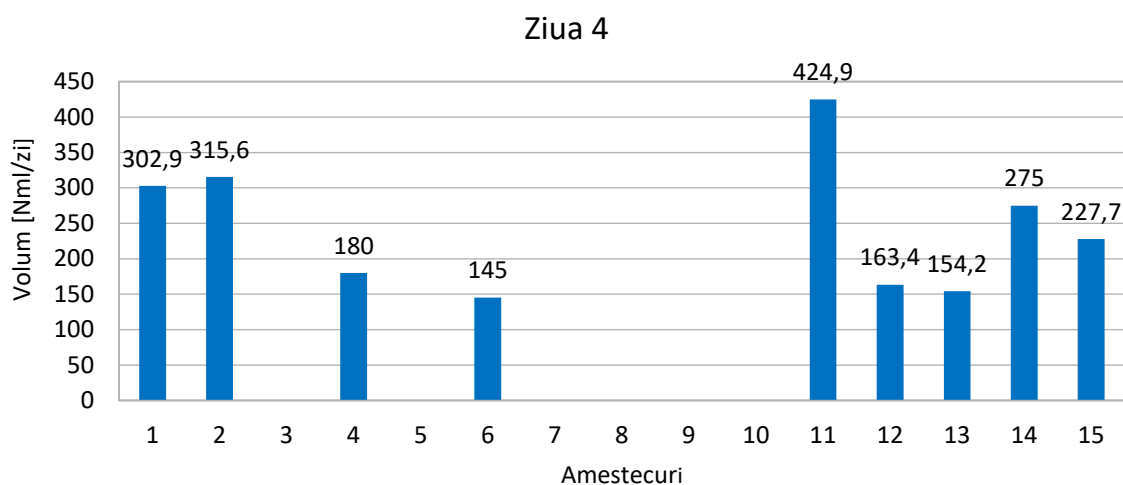


Fig. 5.16. Rezultate experimente biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie, Volum [Nml] – Ziua 4

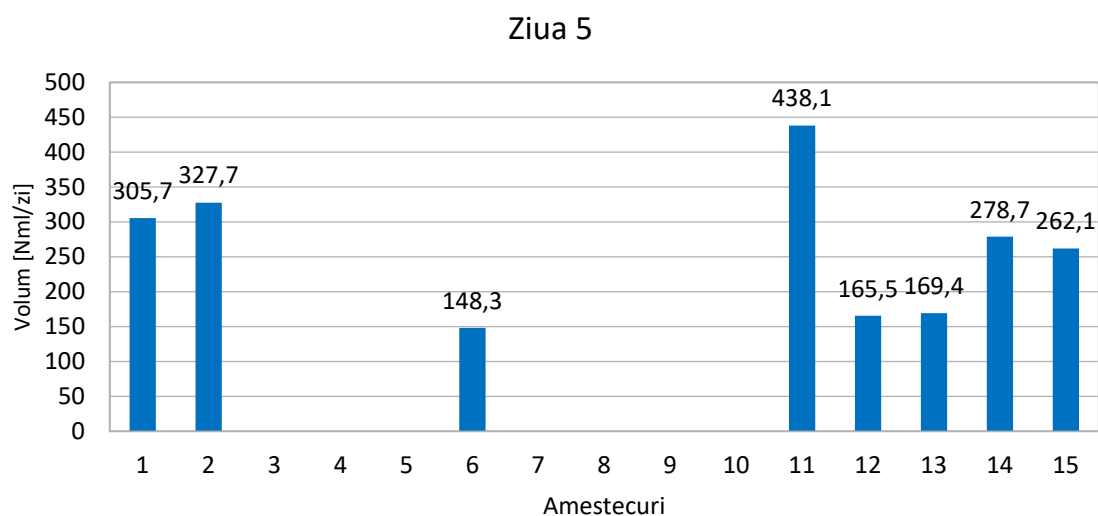


Fig. 5.17. Rezultate experimente biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie, Volum [Nml] – Ziua

În ziua a cincea de digestie anaerobă, cel mai mare volum de biogaz generat s-a înregistrat la experimentul nr. 11 care a constat într-un amestec de iarbă verde 20 g, cartofi 10 g, paie de grâu 10 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 212,29 g, instalația înregistrând un volum mai mare de biogaz la amestecurile care au în compoziția lor o cantitate mai mică de iarbă verde și o cantitate mai mare de dejecții animaliere. Experimentele nr. 3, 4, 5, 7, 8, 9 și 10 nu au mai generat biogaz.

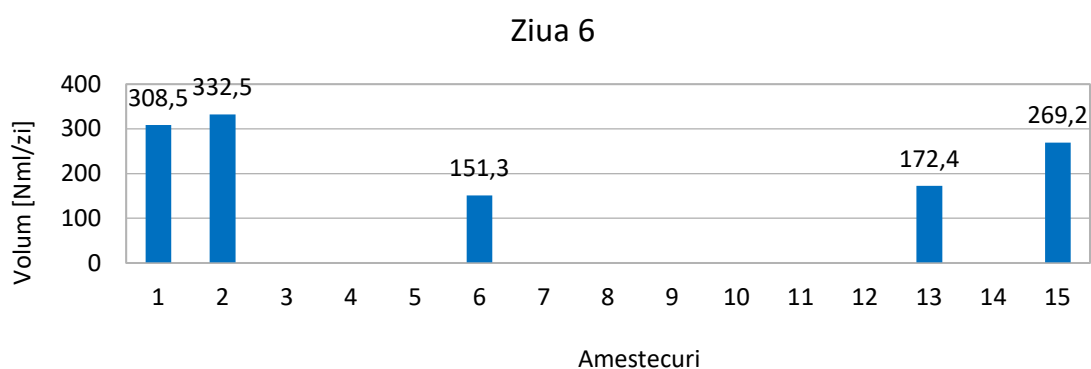


Fig.5.33. Rezultate experimente biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie, Volum [Nml] – Ziua 6

S-a observat o rată scăzută a producției de biogaz după a cincea zi de digestie anaerobă, ceea ce indică faptul că digestia anaerobă a fost în mare parte completă după acest interval. Nivelul maxim de biogaz a fost obținut după 5 zile de digestie anaerobă.

Cel mai mare volum de biogaz generat a fost înregistrat la experimentul nr. 1, urmat de experimentul nr. 2.

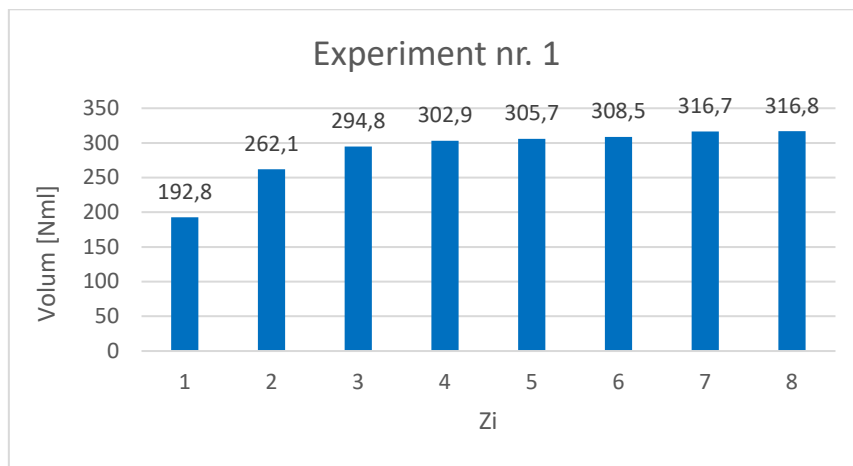


Fig. 5.18. Rezultate experiment nr. 1 biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porc 70,39 g, dejecții pasăre 53,79 g, dejecții bovine 23,53 g, iarbă verde 20 g, cartofi 20 g, Volum [NmL]

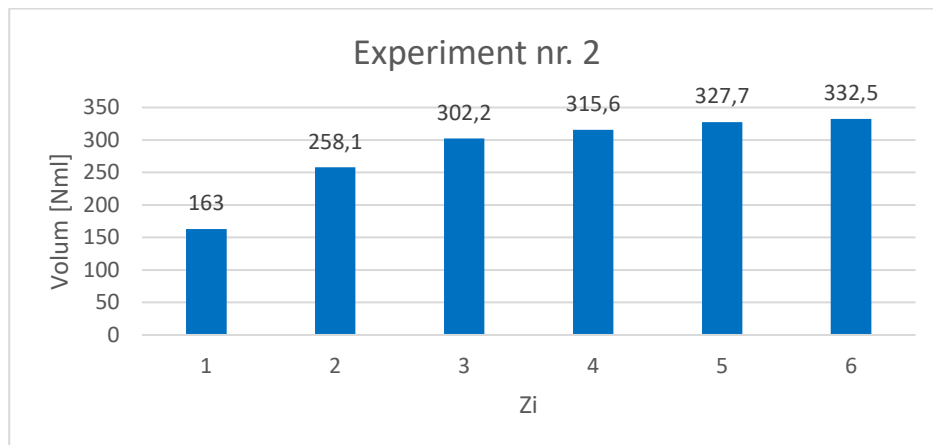


Fig. 5.19. Rezultate experiment nr. 2 biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porc 70,39 g, dejecții pasăre 53,79 g, dejecții bovine 23,53 g, iarbă verde 40 g, cartofi 10 g

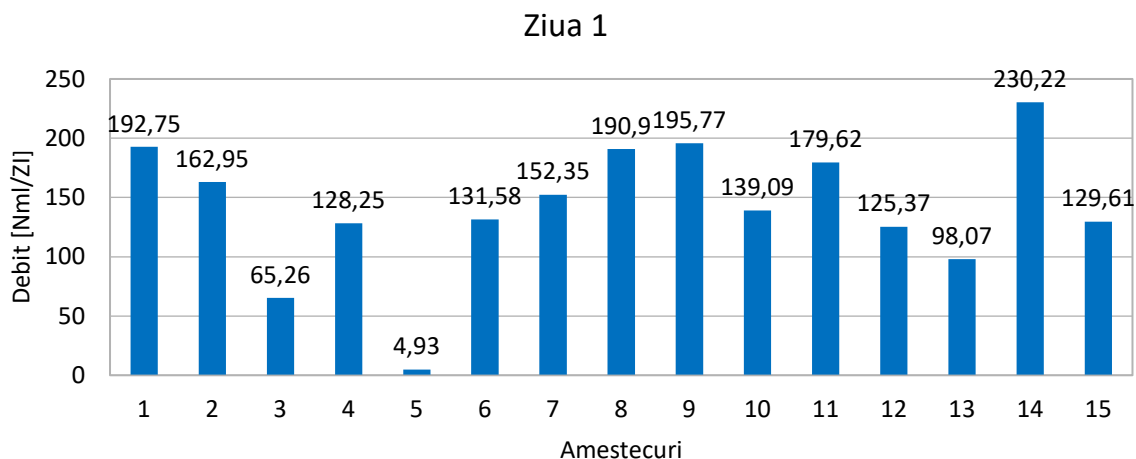


Fig. 5.20. Rezultate experimente debit biogaz generat, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie, Debit [Nml/zi] – Ziua 1

Nivelul de biogaz generat a înregistrat cel mai mare debit în prima zi de digestie anaerobă, apoi a început scădea în zilele următoare. Cel mai mare debit de biogaz generat de experimentul nr. 1 a fost înregistrat în a doua zi, având valoarea de 195,77 m³/zi pentru substratul cu iarbă verde și cartofi.

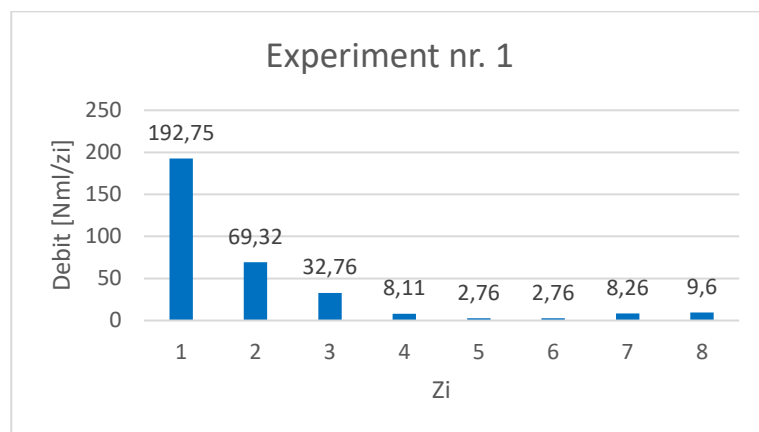


Fig. 5.21. Rezultate experimente debit biogaz generat de experimentul nr. 1, folosind un amestec de dejecții porc 70,39 g, dejecții pasăre 53,79 g, dejecții bovine 23,53 g, iarbă verde 20 g, cartofi 20 g, Debit [Nml/zi]

Experimentul nr. 3 a înregistrat cel mai mare debit de biogaz generat având valoarea de 392,21 m³/zi.

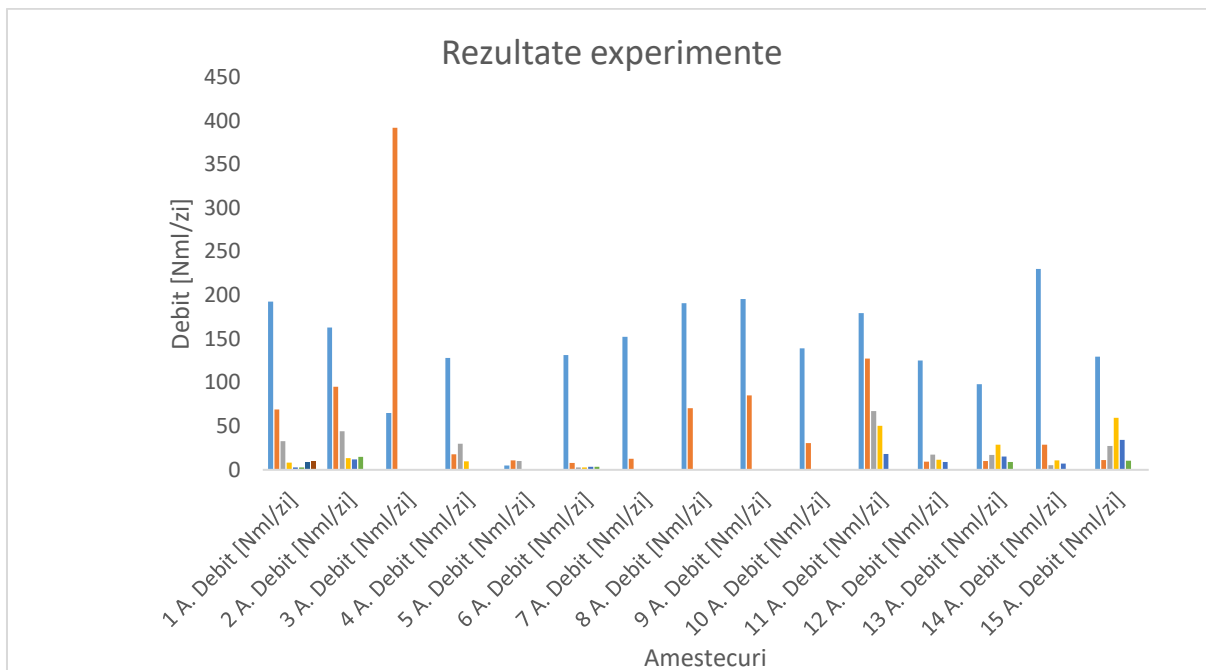


Fig. 5.22. Rezultate experimente, folosind un amestec de dejecții porcine, dejecții pasăre, dejecții bovine, iarbă verde, cartofi și paie - Debit [Nm³/zi]

În figura 5.42. am făcut o prezentare centralizată a experimentelor, din care desprindem următoarele concluzii:

- Experimentul nr. 3 care a constat într-un amestec de iarbă verde 50 g, cartofi 20 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 182,29 g, a înregistrat cel mai mare debit de biogaz generat având valoarea de 392,21 m³/zi.
- Amestecul care a generat timp de 6 zile biogaz este amestecul nr. 3 care a constat într-un amestec de iarbă verde 50 g, cartofi 20 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 182,29 g.
- Cele mai bune randamente le-au dat experimentele care au avut în compoziția lor atât iarbă verde cât și dejecții animaliere.

CAPITOLUL 6. CONCLUZII GENERALE ȘI DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

6.1. Concluzii generale

Cercetarea științifică s-a concentrat pe valorificarea deșeurilor agrozootehnice în scopul obținerii biogazului prin procedeul de digestie anaerobă.

În acest sens am realizat cercetări experimentale pe dejecții provenite de la fermele de păsări, fermele de vaci și fermele de porci, în laborator. Am folosit ape reziduale cu încărcătură organică generate de la o stație de epurare a apelor uzate.

Toate obiectivele propuse și prezentate în subcapitolul 1.1. au fost îndeplinite, după cum urmează:

- Studiu de literatură privind valorificarea energetică a deșeurilor agrozootehnice și producerea biogazului prin procedeul de digestie anaerobă;
- Realizarea a trei seturi experimentale de investigare a obținerii biogazului folosind ca materii prime investigate: iarbă, frunze verzi de tomate, cartofi, paie, la scară de laborator folosind Instalația de obținere a biogazului BPC Instruments AB - Gas Endeavour.

Scopul cercetării a fost dezvoltarea unui amestec optim de dejecții animaliere și subproduse agroalimentare în vederea obținerii biogazului.

Cercetarea experimentală a constat în prepararea și testarea a 27 de rețete de amestecuri a câte trei seturi de experimente, de la ferme situate în județul Teleorman. Probele de dejecții animaliere le-am păstrat la o temperatură de $(-4)^{\circ}\text{C}$, într-un recipient închis, ferit de lumină. Inoculul pe care l-am folosit pentru a grăbi procesul de digestie anaerobă, l-am prelevat de la o stație de epurare din județul Teleorman.

Experimentele au fost realizate utilizând instalația de producere a biogazului Gas Endeavour, cu o capacitate mică (15 reactoare din sticlă de 500 ml) și la o temperatură constantă de 37°C .

Fiecare set de experimente s-a realizat în patru faze care au cuprins recoltarea și pregătirea probelor, calculul rețetelor, pregătirea și punerea în funcțiune a instalației și colectarea și analiza datelor experimentale.

Primul set de experimente s-a realizat pe durata a zece zile.

Cel mai mare randament pentru producerea de biogaz după prima zi a fost obținut pentru două rețete de amestec testate, și anume: rețeta nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul și rețeta nr. 4 care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartoful 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul.

Amestecul nr. 1 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul și amestecul nr. 2 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 10 %, paie de grâu 10 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, au avut un randament mai mic de generare a biogazului față de amestecul nr. 3.

Cel mai bun rezultat testat s-a înregistrat în a doua zi de fermentare anaerobă la amestecul nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, urmat de amestecul nr. 4 care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartoful 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul. Chiar dacă debitul de obținere a biogazului nu a mai înregistrat o creștere semnificativă pentru amestecul nr. 4 care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartoful 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, pentru celelalte două amestecuri am înregistrat o mică creștere, încadrându-se peste 200 Volum [Nml].

În ziua a treia, cel mai bun rezultat pentru generarea de biogaz este realizat tot de amestecul nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, acesta înregistrând în jur de 300 Volume [Nml], urmat de amestecul nr. 2 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 10 %, paie de grâu 10 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, generând biogaz până la aproximativ 200 Volum [Nml], iar amestecul care a avut în compoziție ca deșeuri organice cartof nu a mai generat biogaz.

Amestecul nr. 2 care conține frunze verzi (tomate) 10 %, paie de grâu 10 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul și amestecul nr. 1 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, csunt singurele care mai generează biogaz în ziua șaptea.

Tot amestecul nr. 2 e cel care a mai generat biogaz în a opta zi și a noua zi, generarea de biogaz fiind peste 200 Volum [Nml] și tot el a generat biogaz timp de 9 zile, înregistrând 200 - 230 Volum [Nml].

În primele cinci zile, cea mai mare generare de biogaz a fost dată de amestecul nr. 3 care a avut în compoziție ca deșeuri organice iarbă verde (gazon) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul, înregistrând 240 - 320 Volum [Nml].

Amestecul care a generat biogaz timp de șapte zile, înregistrând 140 – 180 Volum [Nml] a fost amestecul nr. 1 care a avut în compoziție frunze verzi (tomate) 20 %, dejecții animaliere de porc 40 %, dejecții animaliere de bovine 10 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, apă 172,29 g și 40 g inocul.

Pentru setul al doilea de experimente s-a mers pe aceleași amestecuri ca la primul set, dar variind cantitățile din componentele amestecurilor pentru a vedea cum influențează compoziția amestecului obținerea biogazului. Experimentul s-a realizat pe durata a nouă zile.

În prima zi de digestie anaerobă, instalația a înregistrat o creștere a volumului de biogaz la experimentul nr. 6 care a avut ca materie primă: iarbă verde 35%, dejecții porcine 20%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 284,23 g, urmat de experimentul nr. 7, care a avut ca materie primă: iarbă verde 40%, dejecții porcine 15%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 278,23 g, urmate de experimentul nr. 4 care a avut un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g, experimentul nr. 5 a constatat într-un amestec de iarbă verde 30 %, dejecții animaliere de porc 25 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 290,23 g și experimentul nr. 8 a constatat într-un amestec de iarbă verde 45 %, dejecții animaliere de porc 10 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 272,23 g. Celelalte experimente care au avut în compoziția lor și paie de grâu au generat mai puțin biogaz, înregistrând până la 50 Volum [Nml].

În ziua a doua de digestie anaerobă a crescut volumul de biogaz generat la toate experimentele realizate, fiind înregistrat cel mai mare volum de biogaz generat la experimentul nr. 5 care a avut ca materie primă: iarbă verde 30%, dejecții porcine 25%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 290,23 g, urmat de experimentele nr. 4 care a avut un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g și experimentul nr. 6 care a avut ca materie primă: iarbă verde 35%, dejecții porcine 20%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 284,23 g.

Volumul de biogaz generat este în creștere la toate experimentele în a treia zi de digestie anaerobă, la experimentul nr. 5 care a avut ca materie primă: iarbă verde 30%, dejecții porcine 25%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 290,23 g, fiind înregistrat cel mai mare volum de biogaz, urmat de experimentul nr. 4 care a avut un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g.

În ziua a patra de obținere a biogazului, volumul de biogaz generat continuă să crească la toate experimentele. cele mai mari volume de biogaz generat fiind înregistrate tot la experimentele nr. 5 care a avut ca materie primă: iarbă verde 30%, dejecții porcine 25%, dejecții bovine 15% și dejecții de păsări 30%, inocul 290,23 g și nr. 4 care a avut un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g.

Instalația a înregistrat un volum mai mare de biogaz tot la amestecurile care au în compoziția lor iarbă verde, amestecurile care conțin și paie de grâu înregistrând randament mai mic de biogaz generat în ziua a cincea.

Singurul experiment care a mai generat biogaz în a noua zi de fermentare anaerobă a fost experimentul nr. 4 care a avut un amestec de iarbă verde 25 %, dejecții animaliere de porc 30 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 296,23 g, volumul de biogaz generat fiind de 189,2 Volum [Nml].

Randamentul de biogaz este dat în prima zi de experimentul nr. 7 care a constat într-un amestec de iarbă verde 40 %, dejecții animaliere de porc 15 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 278,23 g.

Generarea de biogaz crește în a doua zi față de prima zi la experimentul nr. 5 care a constat într-un amestec de iarbă verde 30 %, dejecții animaliere de porc 25 %, dejecții animaliere de bovine 15 %, dejecții animaliere de pasăre 30 %, inocul 290,23 g, ajungând la 143 Volum [Nml] biogaz generat.

Al treilea set de experimente s-a realizat pe parcursul a opt zile și a cuprins 15 rețete de amestec, am mers pe aceleași amestecuri ca la primele două seturi, dar variind cantitățile din componentele amestecurilor.

Experimentul nr. 14 este cel care a generat cel mai mare volum de biogaz în prima zi de fermentare și a avut ca materie primă: iarbă verde 30 g, cartofi 30 g, paie 20 g, dejecții porcine 12 g, dejecții bovine 17,14 g și dejecții de păsări 12,63 g, urmat de experimentul nr. 9, care a avut ca materie primă: iarbă verde 45 g, cartofi 35 g, dejecții porcine 12 g, dejecții bovine 17,14 g și dejecții de păsări 12,63 g, apoi urmat de experimentul nr. 1, care a avut ca materie

primă: iarbă verde 20 g, cartofi 20 g, dejecții porcine 70,39 g, dejecții bovine 23,529 g și dejecții de păsări 53,78 g și de experimentul nr. 8, care a avut ca materie primă: iarbă verde 40 g, cartofi 40 g, dejecții porcine 12 g, dejecții bovine 17,14 g și dejecții de păsări 12,63 g.

În a doua zi de digestie anaerobă, toate experimentele au înregistrat o creștere a volumului de biogaz generat, fiind înregistrată cel mai mare volum de biogaz la experimentul nr. 11 care a avut ca materie primă: iarbă verde 20 g, cartofi 10 g, paie 10 g, dejecții porcine 70,39 g, dejecții bovine 23,52 g și dejecții de păsări 53,78 g, urmat de experimentele nr. 1, 2 și 14.

În a treia zi de obținere a biogazului, volumul de biogaz generat este în creștere, la experimentul nr. 11 care a constat într-un amestec de iarbă verde 20 g, cartofi 10 g, paie de grâu 10 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 212,29 g, fiind înregistrat cel mai mare volum de biogaz generat.

În următoarea zi de fermentare anaerobă, volumul de biogaz generat continuă să crească la aproape toate experimentele.

În ziua a cincea de digestie anaerobă, experimentul nr. 11 a înregistrat cel mai mare volum de biogaz generat și a constat într-un amestec de iarbă verde 20 g, cartofi 10 g, paie de grâu 10 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 212,29 g, instalația înregistrând un volum mai mare de biogaz la amestecurile care au în compoziția lor o cantitate mai mică de iarbă verde și o cantitate mai mare de dejecții animaliere.

Începând cu ziua a șasea de digestie anaerobă, experimentul de laborator a înregistrat o scădere a volumului de biogaz generat, singurul experiment care a mai generat biogaz în zilele următoare fiind experimentul nr. 1 care a constat într-un amestec de iarbă verde 20 g, cartofi 20 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 212,29 g.

S-a observat o scădere a producției de biogaz după a cincea zi de digestie anaerobă, ceea ce înseamnă că digestia anaerobă a fost în mare parte completă. Nivelul maxim de biogaz a fost obținut după 5 zile de digestie anaerobă.

Nivelul de biogaz generat a înregistrat cel mai mare debit în primele zile de digestie anaerobă, apoi a început să scadă în zilele următoare.

Cel mai mare debit de biogaz generat având valoarea de 392,21 m³/zi a fost înregistrat de experimentul nr. 3 care a constat într-un amestec de iarbă verde 50 g, cartofi 20 g, dejecții

animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 182,29 g.

Tot amestecul nr. 3 este cel care a generat timp de 6 zile biogaz care a constat într-un amestec de iarbă verde 50 g, cartofi 20 g, dejecții animaliere de porc 70,39 g, dejecții animaliere de bovine 23,53 g, dejecții animaliere de pasăre 53,79 g, inocul 182,29 g.

Dintre cele trei seturi de experimente, cele mai bune randamente le-au dat experimentele care au avut în compoziția lor atât iarbă verde cât și dejecții animaliere.

Instalația a înregistrat o producție eficientă de biogaz încă din primele zile, nivelul maxim fiind înregistrat după 5-7 zile de digestie anaerobă, amestecurile optime fiind acelea care au în compoziția lor o cantitate mai mare de iarbă verde.

Aceste diferențe dintre amestecurile ce conțin iarbă verde și cele care conțin paie de grâu evidențiază importanța compoziției și caracteristicilor biomasei în procesul de producție a biogazului. Analiza și înțelegerea detaliată a acestor diferențe pot oferi informații valoroase pentru optimizarea compoziției amestecurilor folosite în producția de biogaz și pentru creșterea eficienței procesului.

6.2. Contribuții personale

Câteva din contribuțiile personale aduse procesului de valorificare a deșeurilor agrozootehnice ca materie prima în producerea de biogaz sunt următoarele:

- Am realizat un studiu de literatură amplu care cuprinde informații despre tratarea dejecțiilor animaliere și metode de valorificare.

- Deoarece lucrările de cercetare existente nu utilizează în același biodigestor dejecții animaliere provenite de la mai multe categorii de animale, am ales să încerc mai multe variante de amestecuri, care să conțină atât dejecții de păsări, dejecții de vaci, dar și dejecții de porci.

- Realizarea a 27 de rețete, grupate în trei seturi de experimente, timp de aproximativ 10 zile, utilizând instalația de producere a biogazului Gas Endeavour, cu o capacitate mică și la o temperatură constantă de 37°C, scopul propus fiind determinarea momentului inițial al producției de biogaz și identificarea momentului atingerii nivelului maxim de producție.

- Pentru a grăbi procesul de digestie anaerobă am folosit ca inocul, apa uzată prelevată de la o stație de epurare.

- Testarea diferitelor rețete de amestec care au avut în componența lor dejecții de păsări, dejecții de vaci, dejecții de porci, dar și deșeuri vegetale (iarbă, frunze verzi, cartofi, paie) cu scopul de a identifica materialele cu potențial ridicat de producere a biogazului, calitativ și cantitativ.

- Am folosit diverse compoziții pentru a vedea care sunt amestecurile optime în obținerea biogazului.
- Amestecarea dejecțiilor animaliere cu inocul este un prim pas în producerea biogazului și asigură eficiența procesului de digestie anaerobă.
- Rezultatele cercetărilor efectuate pe perioada pregătirii doctorale au fost valorificate prin elaborarea și publicarea a 10 lucrări științifice în reviste de specialitate (4 indexate BDI și 1 ISI) sau în volumele unor conferințe internaționale, în calitate de autor și coautor, conform listei anexată la finalul tezei.

6.3. Recomandări și direcții viitoare de cercetare

Teza prezintă o serie de cercetări de laborator menite să identifice strategii optime pentru desfășurarea proceselor fermentative, cu scopul de a spori profitabilitatea economică a unităților de producere a biogazului. Rezultatele obținute oferă informații valoroase despre utilizarea deșeurilor agrozootehnice pentru producerea de biogaz.

Lucrarea de față deschide noi perspective de continuare a cercetării, precum:

- creșterea producției de biogaz utilizând diverse tipuri de substrat, analizate în condiții experimentale similare.
- realizarea studiilor experimentale care implică utilizarea diferitelor concentrații de biomasă ca aditivi pentru fermentare.
- investigarea unor strategii inovative de pretratare și de creștere a producției de biometan.
- extinderea metodelor de analiză fizico-chimică și biologică pentru o descriere detaliată a mediului de fermentare și a fazelor intermediare ale procesului.

Continuarea cercetărilor asupra proceselor de fermentație anaerobă poate atrage interesul structurilor legislative și prin atragerea unor investiții în ceea ce privește tehnologiile de producere a biogazului poate crește și numărul specialiștilor în acest domeniu. Adoptarea unor astfel de tehnologii nu face decât să aducă beneficii importante mediului înconjurător printr-o bună gestionare a deșeurilor agrozootehnice și producerea de energie verde.

Promovarea și implementarea instalațiilor de producere a biogazului în cadrul fermelor trebuie să devină o prioritate, în special dacă dorim să punem în practică conceptul de dezvoltare durabilă.

LISTĂ DE PUBLICAȚII

1. **Roxana MITROI**, Oana STOIAN, Cristina Ileana COVALIU, Dragoș MANEA, *Pollutants resulting from intensive poultry farming activities and their impact on the environment*, E3S Web Conferences 286, 03018 (2021) TE-RE-RD 2021.

2. Dragoș MANEA, Eugen MARIN, Gabriel GHEORGHE, Cătălin PERȘU, **Roxana MITROI**, *Experimental research of equipment for burying in the ground the drip irrigation lines*, E3S Web Conferences 286, 03011 (2021) TE-RE-RD 2021.
3. **Roxana DRĂGHICI (MITROI)**, Sorin-Ștefan BIRIȘ, Cristina Ileana COVALIU-MIERLĂ, Mihaela NIȚU, *Tehnological flow in the poultry farms and environmental impact assessment*, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ISB-INMA TEH' 2022, 742-747.
4. **Roxana MITROI**, Cristina Ileana COVALIU-MIERLĂ, *Biogas - a solution for treating animal waste resulting from zootechnical activities*, acceptat spre publicare în Buletinul Științific al Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI., F.I.= 0,3.
5. **Roxana MITROI**, Cristina Ileana COVALIU-MIERLĂ, Cristina-Emanuela ENĂȘCUȚĂ, Grigore PSHEOVSCHE, *Zootechnical waste as raw material for biogas production and as fertilizer for agriculture*, acceptat spre publicare în Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering ISSN 2285-6064, volum XIII, 2024, LRE 30. F.I=0.3
6. **Roxana MITROI**, Cristina Ileana COVALIU-MIERLĂ, Cristina-Emanuela ENĂȘCUȚĂ, Grigore PSHEOVSCHE, *Livestock waste in the context of agricultural sustainability*, acceptat spre publicare în Buletinul Științific al Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA BUCUREȘTI.

PREZENTĂRI LA CONFERINȚE INTERNAȚIONALE

1. TE-RE-RD 2021 – prezentare orală
 - Autori: Roxana Mitroi, Oana Stoian, Cristina Ileana Covaliu, Dragoș Manea;
 - Titlul lucrării: *Pollutans resulting from intensive poultry farming activities and their impact on the environment*;
 - Titlul conferinței: International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development TE-RE-RD 2021;
 - Perioada: 10 – 11 iunie 2021;
 - Locația: Universitatea Politehnica din București
2. ISB – INMA TEH' 2022 – prezentare orală
 - Autori: Mitroi R., Biriș S.Ș, Covaliu - Mierlă I.C., Nițu M.;

- Titlul lucrării: Tehnological flow in the poultry farms and environmental impact assessment

- Titlul conferinței: International Symposium ISB-INMA TEH Agricultural and Mechanical Engineering;

- Perioada: 06 – 07 octombrie 2022;

- Locația: Universitatea Politehnica din București

3. ISB – INMA TEH’ 2023 – prezentare orală

- Autori: Mitroi R., Covaliu – Mierlă I.C., Paraschiv G., Biriș S.Ș;

- Titlul lucrării: Biogas - a solution for treating animal waste resulting from zootechnical activities

- Titlul conferinței: International Symposium ISB-INMA TEH Technologies and Technical Systems in Agriculture, Food Industry and Environment;

- Perioada: 05 – 06 octombrie 2023;

- Locația: Universitatea Politehnica din București

4. A4LIFE_ 2024 – prezentare orală

- Autori: Mitroi R., Covaliu – Mierlă I.C., Enășcuță C. E, PSHENOVSCH G.;

- Titlul lucrării: Zootechnical waste as raw material for biogas production and as fertilizer for agriculture

- Titlul conferinței: International Conference ”Agriculture for Life, Life for Agriculture”;

- Perioada: 06 – 08 iunie 2024;

- Locația: Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București

BIBLIOGRAFIE

[1]. Ernest Lupan, Dreptul Mediului, Partea generală, Tratat elementar I, Editura Lumina Lex, 1996, p. 29.

[2]. Daniela Marinescu, Maria-Cristina Petre, Tratat de Dreptul Mediului, Ed. a V-a revizuită și adăugită, Editura Universitară, București, 2014, p. 123.

- [3]. Emilio J. Gozales – Sanchez, Oscar Veroz-Gonzalez, Manuel Moreno-Garcia, Manuel R. Gomez -Ariza, Rafaela Ordoñez - Fernandez, Paula Trivino - Tarradas, Amir Kassam, Jesús A. Gil - Ribes, Gottlieb Basch, Rosa Carbonell - Bojollo, 12 - Climate change adaptability and mitigation with Conservation Agriculture, Rethinking Food and Agriculture, New Ways Forward Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2021, Pages 231 - 246.
- [4]. Raport anual privind starea mediului în România, anul 2022, întocmit de către Agenția Națională pentru Protecția Mediului, <http://www.anpm.ro/documents/12220/2209838/RSM+2022.pdf/778fd7cc-2383-4e47-b9ef-b90d36ea638e>, accesat în data de 15 februarie 2023.
- [5]. Ordonanța nr. 2/2021 privind depozitarea deșeurilor.
- [6]. Evaluarea impactului asupra mediului: Studiu de caz/Irina Punga; coord.: Iordanca Rodica Iordanov; AO "EcoContac"– Chișinău: S. n. (2016).
- [7] G. K. Constantinescu - Tratat de Zootehnie Generală, vol.I, Institutul de Arte Grafice Bucovina, I.E. Torouțiu, București III, 1930, p. 10.
- [8] Ion Călin - Bazele Zootehniei, vol I, Editura Tehnică Agricolă, București, 1999, p. 7.
- [9] Curs universitar de Zootehnie Generală, coord. Univ. dr. ing. Onac Nicolae, Univ. Bioterra București, Fac. de Controlul și Expertiza produselor alimentare, București, 2007, p. 20.
- [10] <http://www.anpm.ro/web/apm-teleorman/rapoarte-anuale1>, accesat în luna martie 2021.
- [11]. Ali S., Zahra N., Nasreen Z., Usman S., 2013. Impact of Biogas Technology in the Development of Rural Population. Pak. J. Anal. Environ. Chem. Vol. 14(2), pp. 65 – 74.
- [12] Fagerström A., Al Seadi T., Rasi S., Briseid T., 2018. The role of Anaerobic Digestion and Biogas in the Circular Economy. Murphy, J.D. (Ed.) IEA Bioenergy Task 37, 8.
- [13]. Lapik V., Lapikova M., 2011. Biogas stations and their environmental impacts. Rudarsko-geolsko-naftni zbornik. Vol. 23, pp. 9-14.
- [14]. Kasap A., Aktas R., Dulger E., 2012. Economic and Environmental impact of Biogas. Journal of Agricultural Machinery Science. Vol. 8(3), pp. 271-277.
- [15]. Jorgensen P.J., 2009. Biogas – green energy. Process. Design. Energy supply. Environment. Ed. Researcher for a Day, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University, 2nd edition.
- [16]. Schnürer A., Jarvis Å., 2010. Microbiological handbook for biogas plants. Swedish Waste Management U2009:03 Swedish Gas Centre Report 207.
- [17]. Taherzadeh, M.J., Karimi, K., 2008. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. Int. J. Mol. Sci. Vol. 9, pp. 1621–1651.
- [18]. Sawatdeenarunat C., Surendra K.C., Takara D., Oechsner H., Khanal, S.K., 2015. Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. Bioresource Technology. Vol. 178, pp. 178–186.
- [19]. Mata-Alvarez J., Mace S., Llabres P., 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives, Bioresource Technology. Vol. 74 (1), pp. 3–16.
- [20]. Deepanraj B., Sivasubramanian V., Jayaraj S., 2014. Biogas generation through anaerobic digestion process – an overview. Research Journal of Chemistry and Environment. Vol. 18(5), pp. 80–93.
- [21]. Sárvári Horváth I., Tabatabaei M., Karimi K., Kumar R., 2016. Recent updates on biogas production - a review. Biofuel Research Journal. Vol. 10, pp. 394–402.
- [22]. Nikolici V., 2006. Producerea și utilizarea biogazului pentru obținerea de energie. Suport de curs. Grup țintă: fermieri și proprietari de păduri.
- [23]. Khoiyangbam R.S., Gupta N., Kumar S., 2011. Biogas technology towards sustainable development. TERRI Press, New Delhi.

- [24]. Sutaryo S., 2012. Optimisation and inhibition of anaerobic digestion of livestock manure. PhD Thesis. Department of Engineering, Aarhus University.
- [25]. Directiva Consiliului nr. 91/676/CEE din 12 decembrie 1991 privind protecția apelor împotriva poluării cu nitrați proveniți din surse agricole.
- [26]. Directiva Consiliului nr. 96/61/CEE din 24 septembrie 1996 privind prevenirea și controlul integrat al poluării.
- [27] Khagendra R. Baral, Guillaume Jego, Barbara Amon, Roland Bol, Martin H. Chantigny, Jorgen E. Olesen, Soren O. Petersen, Greenhouse gas emissions during storage of manure and digestates: key role of methane for prediction and mitigation, *Agricultural Systems*, Volume 166, October 2018, Pages 26-35.
- [28]. Justine J. Owen, Whendee L. Silver, Greenhouse gas emissions from dairy manure management: a review of field-based studies, *Global Change Biology*, Volume 21, Issue 2, February 2015.
- [29]. Rafiu O. Yusuf, Zainura Z. Noor, Ahmad H. Abba, Mohd Ariffin Abu Hassan, Mohd Fadhil Mohd Din, Methane emission by sectors: a comprehensive review of emission sources and mitigation methods, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 16, Issue 7, September 2012, Pages 5059-5070.
- [30]. Marian Gr., Muntean A., Gudîma A., Pavlenco A., Considerații cu privire la estimarea potențialului de biomasă pentru scopuri energetice rezultată din reziduuri agrosilvice, 2023, CZU 620.952, Universitatea Agrară de Stat din Moldova.
- [31]. Chun – Han Ko, Sumate Chaiprapat, Lee – Hyung Kim, Pejman Hadi, Shu – Chien Hsu, Shao – Yuan Le, Carbon sequestration potential via energy harvesting from agricultural biomass residues in Mekong River basin, Southeast Asia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 68, Part 2, February 2017, Pages 1051-1062.
- [32]. Akash Tripathi, Santosh Kumar, G.S. Jadhav, Dipak A. Jashav, Makarand M. Ghangrekar, Rao Y. Surampalli, Electromethanogenic reactor for biogas production using agricultural and livestock waste and its comparative analysis with biogas plant: A mini – review, *Biomass and Bioenergy*, Volume 185, June 2024.
- [33]. Curtea de conturi Europeană, Raport special 29/2023: Sprijinul din partea UE pentru biocombustibilii durabili în transporturi, 2023.
- [34]. Tabel 4.1 – Raport de încercare din data de 28.11.2022 pentru obiectivul SC AT GRUP PROD IMPEX SRL, punct de lucru Comuna Drăgănești Vlașca, județul Teleorman.
- [35]. Tabel 4.2 - Raport de încercare din data de 28.11.2022 pentru obiectivul SC AT GRUP PROD IMPEX SRL, punct de lucru Comuna Drăgănești Vlașca, județul Teleorman.
- [36]. Maria Eliza Antunes de Oliveira Sidinei, Simara Marcia Marcato, Henrique Leal Perez, Ferenc Istvan Bankuti - Biosecurity, environmental sustainability, and typological characteristics of broiler farms in Parana' State, Brazil, *Preventive Veterinary Medicine*, Volume 194, September 2021.
- [37]. Dornelas KC, Henrique Mascarenhas NM, Soares Rodrigues HC, Torres do Nascimento R., Nayana dos Santos Lima de Brito A., Furtado D. A., Barbosa do Nascimento JW, Chicken bed: a review on reuse, treatment and influence on ambience, *Poultry Science*, 2020.
- [38]. Duarte da Silva Lima N., Irenilza A. Naas, Garcia R.G., Jorge de Moura D., Environmental impact of Brazilian broiler production process: evaluation using life cycle assessment, *Journal of Cleaner Production* 237:117752, 2019.
- [39]. Aiyar, A., Pingali, P., 2020. Pandemics and food systems - towards a proactive food safety approach to disease prevention & management. *Food Security*, Volume 12, Pages 749–756, 2020.
- [40]. Fuchs W., Wang X., Gabauer W., Ortner M., Li Z., Tackling ammonia inhibition for efficient biogas production from chicken manure: status and technical trends in Europe and China, *Renewable Sustainable Energy Review*, Volume 97, Pages 186 – 199, December 2018.

- [41]. Tabel 4.5. Emisiile în aer, Raport de monitorizare a factorilor de mediu – Fermă de creștere și îngrășare a suinelor SC ROMCIP SA
- [42]. Linhoss J.E., Purswell J.L., Davis J.D., Fan Z., Comparing radiant heater performance using spatial modeling, *Applied Engineering in Agriculture*, Volume 33(3), January 2017, Pages 395 – 405.
- [43]. Tabel 4.12. Emisii rezultate în urma funcționării sistemului de cogenerare - Raport de monitorizare a factorilor de mediu – Fermă de creștere a vacilor SC FERMA DONA SRL
- [44]. Jacopo Bacenetti, Luciana Bava, Maddalena Zucali, Daniela Lovarelli, Anna Sandrucci Alberto Tamburini, Marco Fiala, Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system, *Science of The Total Environment*, Volume 539, 1 January 2016, Pages 450 - 459.
- [45]. Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen, Augustin Ofițeru, Mihai Adamescu, Florian Bodescu, Dan Ionescu (pentru partile specifice României), Biogazul - Ghid practic, elaborat în cadrul proiectului BiG>East (EIE/07/214/SI2.467620), co-finanțat de Comisia Europeană, prin „Programul Energie Inteligentă pentru Europa“, Octombrie 2008.
- [46]. Hijazi O., Munro S., Zerhusen B., Effenberger M., Review of Life Cycle Assessment for Biogas Production in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 54, February 2016, Pages 1291 - 1300.
- [47]. Michel Torrijos, State of Development of Biogas Production in Europe, *International Conference on Solid Waste Management, Procedia Environmental Sciences*, Volume 35, 2016, Pages 881 – 889.
- [48]. Bruno O. Dias, Carlos A. Silva, Fábio S. Higashikawa, Asunción Roig, Miguel A. Sánchez-Monedero. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification, *Bioresource Technology*, Volume 101, Issue 4, February 2010, Pages 1239 - 1246.
- [49]. Senesi N., Plaza C., Role of humification processes in recycling organic wastes of various nature and sources as soil amendments, *Clean Air Soil Water*, Volume 35, 2007, Pages 26–41.
- [50]. Piramida deșeurilor conform Legii nr. 17 din 6 ianuarie 2023 pentru aprobarea OUG nr. 92/2021 privind regimul deșeurilor.
- [51]. Ordonanța nr. 27 din 24 august 2022 privind reglementarea unor măsuri financiare prin instituirea schemei de ajutor de minimis în vederea tranziției către economia circulară.
- [52]. A.I. Parralejo, L. Royano, J. González, J.F. González, Small scale biogas production with animal excrement and agricultural residues, *Industrial Crops and Products*, Volume 131, May 2019, Pages 307 - 314.
- [53]. El Achkar, J.H. Lendormi, T. Hobaika, Z. Salameh, D. Louka, N. Maroun, R.G., Lanoisellé, J. L. Lanoiselle, 2016, Anaerobic digestion of grape pomace: biochemical characterization of the fractions and methane production in batch and continuous digesters, *Waste Management*, Volume 50, April 2016, Pages 275 – 282.
- [54]. Hirano S., Matsumoto N., 2018, Analysis of a bio-electrochemical reactor containing carbon fiber textiles for the anaerobic digestion of tomato plant residues, *Bioresource Technology*, Volume 249, February 2018, Pages 809 – 817.
- [55]. de la Lama D., Borja R., Rincón B., 2017 - Performance evaluation and substrate removal kinetics in the semi-continuous anaerobic digestion of thermally pretreated two-phase olive pomace or “Alperujo”, *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 105, January 2017, Pages 288 – 296.
- [56]. Neshat, S.A., Mohammadi, M., Najafpour, G.D., Lahijani, P., 2017 - Anaerobic co digestion of animal manures and lignocellulosic residues as a potent approach for sustainable biogas production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 79 (C), pages 308 - 322.

- [57]. Zhou J., Zhang R., Liu F., Yon, X., Wua X., Zheng T., Jiang M., Jia H., Biogas production and microbial community shift through neutral pH control during the anaerobic digestion of pig manure, *Bioresource Technology*, Volume 217, 2016, Pages 44–49;
- [58]. Cheng G., Varanasi P., Li C., Liu H., Melnichenk Y.B., Simmons B.A., Singh S., Transition of cellulose crystalline structure and surface morphology of biomass as a function of ionic liquid pretreatment and its relation to enzymatic hydrolysis, *Biomacromolecules*, Volume 12, Issue 4, 2011, Pages 933 – 941.
- [59]. Laura Toma, Gheorghe Voicu, Mariana Ferdes, Mirela Dinca - ANIMAL MANURE AS SUBSTRATE FOR BIOGAS PRODUCTION, *ROMANIAN BIOTECHNOLOGICAL LETTERS* Volume 22, No 6,201, 2017.
- [60]. Moses J., Barasa K., Oluolapo A. O., Akanni O., Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition, *Hindawi, Journal of Energy*, Volume 2022.
- [61]. Khalid A., M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, L Dawson - The anaerobic digestion of solid organic waste, *Waste Management*, Volume 31, 2011, Pages 1737 - 1744.
- [62]. M. Markowski, I. Białobrzewski, M. Zieliński, M. Dębowski, M. Krzemieniewski, Optimizing low-temperature biogas production from biomass by anaerobic digestion, *Renewable Energy*, Volume 69, September 2014, Pages 219 – 225.
- [63]. Anitha M., Kamarudin SK, Shamsul NS, Kofli NT, Determination of bio-methanol as intermediate product of anaerobic co-digestion in animal and agriculture wastes, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 40, 2015, Pages 11791 - 11799.
- [65]. E. Homan, M. D. Shaw, H. Bartlett, S. Persson, Biogas from manure. An anaerobic digester will partially convert manure to energy in the form of biogas which contains methane, This publication supported in part by a contract with the Pennsylvania Department of Agriculture, the Governor's Energy Council, and the Department of Energy, 2023.
- [66]. Gupta P., R. S. Singh, A. Sachan, A. S. Vidyarthi, A. Gupta, N. Tripathi, Study on biogas production from vegetable waste by indigenous microbes, *International Journal of Applied Environmental Sciences*, Volume 5(2), 2010, Pages 169 - 178.
- [67]. Siddiqui S, Zerhusen B, Zehetmeier M, Effenberge M. Distribution of specific greenhouse gas emissions from combined heat-and-power production in agricultural biogas plants, *Biomass Bioenergy*, Volume 133, February 2020.
- [68]. BPC Instruments AB - Gas Endeavour, Automatic Gas Flow Measuring System - Operation and Maintenance Manual, Version 1.2.1 February 2022.