

Sposoby zagospodarowania i technologie przetwarzania odpadów z hodowli trzody chlewnej

Justyna KWAŚNY, Zygmunt KOWALSKI, Marcin BANACH – Katedra Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska, Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, Kraków

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, 65, 7, 687-696

Wstęp

Wzrost produkcji rolnej i hodowlanej przyczynił się do znacznego zwiększenia problemów ochrony środowiska. W Polsce zagadnienia ochrony środowiska reguluje ustawa „Prawo ochrony środowiska” [1] z 2001 r., „Ustawa o odpadach” [2] również z 2001 r. oraz nowelizacja tej ustawy z 2010 r. [3]. Szczególną uwagę poświęca się ochronie gleb i wód przed zanieczyszczeniem oraz wód przed procesami eutrofizacji, których przyczyną jest nadmierna ilość związków azotu i fosforu wprowadzana do środowiska. Za źródło tych związków, które może negatywnie wpływać na środowisko, uznawana jest m.in. gnojowica świńska, stosowana jako nawóz naturalny. Rozwój produkcji trzody chlewnej, spowodował nadmierną produkcję gnojowicy, której ilość znacznie przekracza areal rolniczy, który może ją przyjąć. W związku z tym, istotne jest opracowanie efektywnych sposobów przetwarzania tego surowca. W artykule opisano główne sposoby zagospodarowania gnojowicy świńskiej.

Skład gnojowicy świńskiej

Gnojowica jest mieszaniną odchodów zwierzęcych i wody. Powstaje przy bezściółkowej hodowli trzody chlewnej, jako produkt uboczny i odpady [4]. Wśród związków wchodzących w jej skład, można wyróżnić związki stanowiące głównie frakcję stałą, np. związki organiczne oraz związki fosforu, a także składniki frakcji ciekłej, takie jak związki azotu oraz minerały w postaci tlenków sodu, potasu i magnezu [5]. Przy czym, zawartość tych substancji zależy od sposobu hodowli oraz żywienia trzody chlewnej [6]. Przykładowy skład gnojowicy świńskiej z Holandii przedstawiono w tablicy I.

Tablica I

Skład gnojowicy świńskiej [5]

Składnik	Zawartość procentowa, %
Woda	73,11
Sucha masa	8,12
Ciała zawieszane	6,50
ChZT	9,75
N- aminowy (w tym N- amoniak)	0,65 (w tym 0,49)
P (jako P ₂ O ₅)	0,41
K (jako K ₂ O)	0,65
Ca (jako CaO)	0,33
Mg (jako MgO)	0,16
Cl ⁻	0,16
S (jako SO ₄ ²⁻)	0,16

Zupełnie inną zawartość tych związków wykazano w przypadku gnojowicy pochodzącej z farmy trzody chlewnej w Kanadzie [7]. Procentowa zawartość materii organicznej wyniosła 40,69%, ciał zawieszonych 50,08%, natomiast całkowita ilość potasu P_{tot}, oraz całkowita ilość azotu TKN odpowiednio 2,03% i 7,20%. Pomimo różnic w składzie, pH tych mieszanin nie różni się istotnie. W przypadku gnojowicy holenderskiej pH wynosi 7, natomiast gnojowicy kanadyjskiej 7,5.

Uciążliwość odpadów z hodowli trzody chlewnej

Uciążliwość gnojowicy świńskiej w głównym stopniu związana jest z jej składem. Cechuje ją wysoka zawartość związków azotu i fosforu, które powodują zanieczyszczenie gleb i wód, będąc główną przyczyną eutrofizacji wód powierzchniowych. Ponadto gnojowica może powodować zanieczyszczenie atmosfery odorami; w wyniku emisji ok. 400 lotnych substancji organicznych i nieorganicznych o nieprzyjemnym zapachu, takich jak amoniak, aminy, siarczki metylu, siarkowodór, merkaptany oraz skatole. Związki tego typu, należy w miarę możliwości neutralizować, gdyż nadmierne ich stężenie może powodować zmniejszenie populacji hodowanej trzody chlewnej, a także może prowadzić do chorób układu oddechowego i infekcji skórnych pracowników farmy [4]. Dla zmniejszenia nieprzyjemnych zapachów stosuje się związki bizmutu, np. zasadowy galusan bizmutu (dermatol, bismuth subgallate – BiG), a także kompleksy miedzi i chlorofilu (*chlorophyllin copper complex* – CCC) oraz sproszkowany węgiel aktywny (*powdered activated charcoal* – PAC). W celu tzw. wewnętrznej dezynfekcji dodaje się je do pożywienia zwierząt. Ponadto miesza się je z ich odchodami [8].

Istotnym zagrożeniem dla środowiska jest również obecność antybiotyków i innych farmaceutyków w odchodach zwierzęcych. W efekcie dochodzi do rozwoju mikroflory patogennej i odpornych na antybiotyki szczepów mikroorganizmów, które zanieczyszczają glebę oraz wody powierzchniowe i gruntowe [4].

Negatywny wpływ gnojowicy na środowisko zmusza do jej utylizacji i przetwarzania na surowce mniej szkodliwe lub zupełnie neutralne, które znajdują zastosowanie jako materiały wzbogacające glebę w substancje mineralne, wpływające korzystnie na rozwój roślin, a także będące potencjalnym źródłem energii. Między innymi, to właśnie te czynniki, a także naciski ze strony ekologów i władz państwowych, wpłynęły na rozwój technologii przetwarzania i wykorzystania gnojowicy.

Technologia produkcji nawozów z gnojowicy świńskiej

Gnojowica w dużym stopniu stosowana jest jako płynny nawóz organiczny. Obecnie, praktycznie we wszystkich państwach Unii Europejskiej, w rejonach o zwiększonej, przemysłowej produkcji trzody chlewnej, ilość produkowanego nawozu znacznie przekracza areal gruntów rolniczych, mogących przyjąć takie ilości. Fakt, że grunty rolne powinno nawozić się tylko w okresie wegetacji roślin, przy zachowaniu maksymalnej rocznej dawki 170 kg azotu na hektar, zmusza do korzystania z wielkogabarytowych zbiorników magazynowych [4]. Z kolei magazynowanie ścieku wiąże się z nadmierną emisją NH₃ do atmosfery. Problemy ekologiczne, jakie towarzyszą produkcji gnojowicy, skutkują poszukiwaniem nowych technologii jej przerobu. Ich istotą jest przetworzenie ścieku na substancje mniej szkodliwe lub zupełnie niezagrażające środowisku naturalnemu.

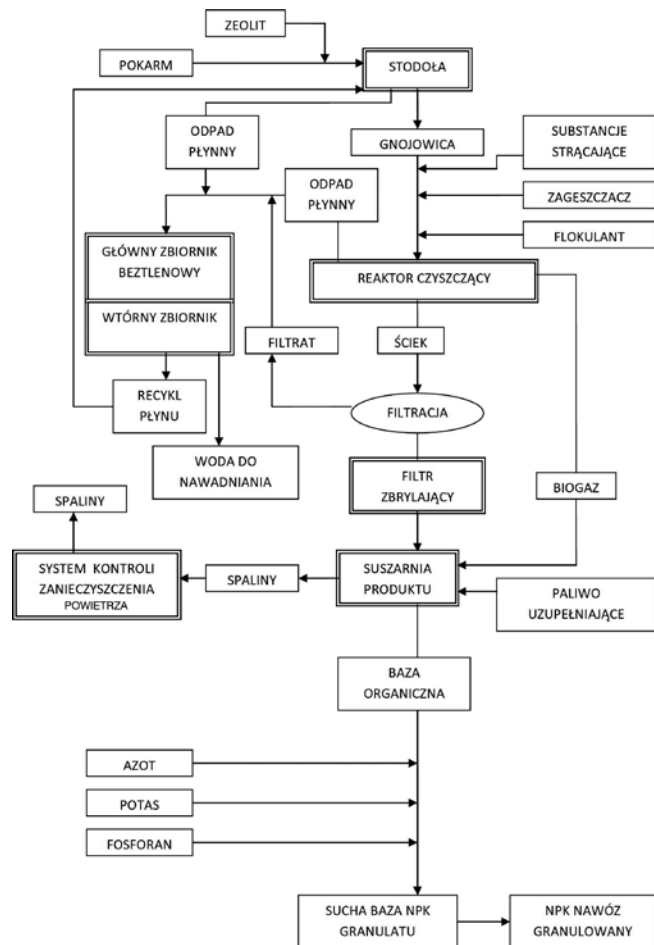
Produktami procesów przetwarzania gnojowicy są nawozy. Prace w tym zakresie w Polsce podjęto w latach 70. XX w. Początkowo gnojowicę składowano w celu jej utylizacji, po czym stosowano ją do nawożenia gruntów rolnych. Kolejnym sposobem zwiększenia przydatności gnojowicy było jej kompostowanie z dodatkiem materiałów organicznych wchłaniających frakcję płynną odpadu. Najczęściej stosowano w tym celu stosunkowo tani torf. Ponadto kompost wzbog

gacano nawozami fosforowymi, aby mógł pełnić rolę łatwo przyswajalnego nawozu organicznego. Produkcja nawozu organicznego z gnojowicy wiązała się również z jej rozdzieleniem na frakcję stałą i płynną. Dokonuje się tego poprzez rozdział mechaniczny lub sedymentację. Techniki separacji gnojowicy oraz dalsze sposoby przetwarzania poszczególnych frakcji są wciąż modyfikowane i udoskonalane.

Najczęściej stosowane mechaniczne techniki separacji, to wytlaczanie, wirowanie oraz filtracja. Stosuje się również dodatek polimeru, pod wpływem którego zachodzi flokulacja odpadu organicznego zawartego we frakcji ciekłej. Zmiany chemiczne i biochemiczne, będące efektem procesów separacji, powodują, że oddzielone frakcje są mniej szkodliwe dla środowiska naturalnego. Istnieje szereg komercyjnych technologii separacji odpadów zwierzęcych, np. wirowanie dekantacyjne (*Pieralisi, GEA Westfalia separator A/S Alfa Laval*), obróbka chemiczna i ciśnieniowa separacja taśmowa (*Kemira Water A/S*), obrotowa filtracja bębnowa z niskim ciśnieniem wirowym (*Samson Bimatech*), wirowanie i filtracja wibracyjna (*PCK consulting A/S*), rozdział poprzez wirowanie (*SWEA A/S*) [9].

Nawozy na bazie gnojowicy produkowane są pod różnymi postaciami. Wyróżnia się nawozy płynne, nawozy w postaci zawiesin, a także nawozy w postaci granulek oraz ziaren. Przykładem nawozu płynnego jest nawóz organiczno-mineralny, otrzymywany w wyniku uzdatniania gnojowicy nawozami mineralnymi, głównie fosforanowymi, jej napowietrzaniu oraz rozdzieleniu na frakcję stałą i płynną poprzez zastosowanie płyt torfowych lub ze słomy prasowanej. W ten sposób uzyskuje się płyty bogate w części stałe gnojowicy, które stosuje się jako podłoże do uprawy roślin. Nadmiar frakcji płynnej, który nie został wchłonięty przez torf, zostaje poddany ponownej mineralizacji nawozami sztucznymi, napowietrzaniu, leżakowaniu oraz rozcieńczeniu wodą do odpowiedniego stężenia i wykorzystywany jako nawóz [10].

Przykładowe sposoby utylizacji i zagospodarowania ciekłego odpadu z hodowli trzody chlewnej, których głównym celem jest produkcja nawozu organicznego, przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy możliwych sposobów przetwarzania gnojowicy świńskiej [11]

Znany jest również sposób otrzymania nawozu organicznego w postaci koncentratu wzbogaconego azotem i fosforem. Proces produkcji polega na zmieszaniu ścieku z ciekłą parafiną – organicznym nośnikiem cieczy. Następnie mieszaninę zagęszcza się, przetwarza bez udziału tlenu, kondensuje wytworzoną parę, a ściek powstały w procesie beztlenowym przetwarza przy udziale tlenu [12].

Wspomniano już, że nawozy mogą być produkowane także w postaci zawiesiny. Do organicznego odpadu zwierzęcego, jakim jest gnojowica, należy dodać odpowiednie ilości wody w celu sporządzenia roztworu zdyspergowanego. Następnie do mieszaniny dodaje się określone ilości kwasu, np. kwasu siarkowego, w celu przeprowadzenia roztworu w formę koloidu. Otrzymany produkt wzbogaca się bezwodnym i uwodnionym amoniakiem oraz nieorganicznymi substancjami odżywczymi roślin. Do produkcji nawozu w postaci zawiesiny stosuje się nie tylko gnojowicę świńską, ale również odpady organiczne pochodzące od innych zwierząt [13].

Istnieje również sposób produkcji nawozu organiczno-mineralnego w postaci stałej. Do gnojowicy dodaje się, w odpowiednich ilościach, wypełniacze organiczne (15% w stosunku do masy odpadu zwierzęcego), następnie substancje chemiczne o właściwościach koagulantów, (50% roztwór cyanoakrylanu w acetonie) oraz substancje mineralne. Stosunkowo łatwo, zostają wtedy wydzielone części stałe gnojowicy, służące bezpośrednio jako nawóz, które od frakcji płynnej rozdziela się przepuszczając całość przez sito. Opisana metoda pozwala również na całkowity odzysk wody [14].

Jest więcej sposobów przetwarzania gnojowicy na organiczno-mineralny nawóz stały. Odpad zawierający 7–11% suchej masy, miesza się z komponentem organicznym o wilgotności do 30% (torf, kompost lub węgiel brunatny) wzbogaconym w nawóz azotowy, potasowy lub fosforowy, oraz ze zmielonym i wyprażonym w temperaturze 150–200°C dolomitom, o uziarnieniu do 0,25 mm. Istotne jest zachowanie odpowiednich stosunków masowych mieszanych składników. Otrzymuje się w ten sposób wilgotną i sypką mieszaninę, która leżakuje przez okres minimum 10 h [15].

Organiczny nawóz stały można również otrzymać poprzez mieszanie gnojowicy ze zbożowymi pozostałościami, a następnie mielenie otrzymanej mieszaniny do odpowiednich rozmiarów, umożliwiających całkowitą adsorpcję i absorpcję składników frakcji ciekłej na materiale roślinnym. Do produkcji tego nawozu służy aparatura składająca się z odpowiednio skonstruowanego młynka i miksera; sposób zaopatrzenia nie zależy od rodzaju stosowanych substratów płynnych. Można ją stosować do produkcji nawozu z odchodów żywego inwentarza oraz ścieków innego pochodzenia. Dzięki zastosowaniu aparatury tego typu możliwe jest skruszenie pozostałości zbożowych do cząstek o rozmiarach kilku mikronów, dzięki czemu są one efektywniej wchłaniane w glebę [16].

Nawóz organiczno-mineralny jest produkowany również w postaci granulek. Proces jest wieloetapowy: począwszy od dekantacji i flokulacji, poprzez biologiczne oddzielenie fosforu, azotu i mikrofiltrację materii organicznej, aż po wprowadzenie do nawozu siarczanu i fosforanu amonu i dezynfekcji promieniowaniem ultrafioletowym [17].

W postaci granulatu otrzymuje się również nawóz wykazujący właściwość wolnego uwalniania azotu. Jako surowiec w tym procesie służą odchody zwierzęce, również pochodzące z farm trzody chlewnej, bogate w związki azotu. Proces produkcji nawozu, opiera się na dodaniu do suchych odchodów ciekłego oligomeru mocznikowo-formaldehadowego. W wyniku wprowadzenia tego związku, zawartość azotu w nawozie zwiększa się od 15 do 85% [18].

Nawóz produkowany ze zwierzęcych odpadów w postaci granulek może charakteryzować się tym, że jest wolny od patogenów i nieprzyjemnego zapachu. Proces produkcji nawozu opiera się na całkowitej separacji ciał zawieszonych i substancji rozpuszczonych, co uniemożliwia emisję gazów. Otrzymuje się go poprzez mieszanie odpadu z flokulantem, odczynnikami strącającymi fosforany oraz m.in. z zagęszczaczem

i wzbogaca w mikroelementy i substancje ulepszajace glebe. Proces przebiega w temperaturze bliskiej temperaturze spoielenia, w celu pozbycia sie patogenow i nieprzyjemnego odoru [11].

Nawozy wolne od mikroorganizow moga byc produkowane rowniez ze zwierzecych odchodow w egzotermicznej reakcji ze stezonym kwasem siarkowym, a nastepnie termicznej pasteryzacji. Produkt wzbogaca sie substancjami mineralnymi. Taki sposob przetwarzania odpadow, pozwala na usuniecie 90% zawartych w nich czynnikow patogennych [19, 20].

Kompostowanie gnojowicy swińskiej

Przyjazna srodowisku i ekonomicznie alternatywna metoda przetwarzania stalych odpadow organicznych jest kompostowanie. Produkty tego procesu moga sluzyc jako nawoz poprawiajacy wlasciwosci gleby, ulepszajacy jej strukture, wplywajacy pozytywnie na wzrost roslin oraz powstrzymujacy rozwoj patogenow roslinnych. Aczkolwiek dotyczy to tylko tzw. produktow ustabilizowanych, gdyz potraktowanie gleby „niedojrzalym kompostem” moze wywolac fitotoksycznosc i niekorzystnie wplynac na srodowisko. Bardzo wazne jest wiec trafne ocenienie stabilnosc kompostu poprzez analize parametrów fizycznych: temperatury, zapachu, koloru itd., a takze parametrów chemicznych, takich jak stosunek C/N we frakcji cieklej i stalej, pojemnosc wymiany kationow, ilosc materii organicznej itd. Dodatkowo sprawdza sie parametry biochemiczne i mikrobiologiczne, a material kompostowany poddaje sie analizie spektroskopowej [21].

Surowcem dajacym dobre rezultaty w procesie kompostowania jest gnojowica, ktora do celow eksperymentalnych zmieszano z trocinami. Wykazano, ze czas dojrzewania kompostu na bazie wymienionych substratow wyniosl 63 dni. W tym czasie latwo degradowalne organiczne skladniki, takie jak alifatyczne lancuchy, polisacharydy, alkohole, a takze bialka, zostaly przekształcone w struktury aromatyczne o wyzszej stabilnosc [21].

Produkcja biogazu z gnojowicy swińskiej

Coraz wiekszy nacisk kladzie sie obecnie na produkcje biogazu. Wzrasta zainteresowanie biogazem rolniczym, co w duzym stopniu jest zwiazane z rozwojem hodowli zwierzat. Do jego produkcji stosuje sie biomase w postaci gnojowicy, obornika, odpadow zwierzecych i roslinnych. Natomiast w produkcji tzw. biogazu nierolniczego zastosowanie znalazly scieki i odpady komunalne [22].

Pod wzgledem chemicznym biogaz jest mieszanina glownie metanu i dwutlenku wegla, przy czym moze zawierac niewielkie ilosci siarkowodoru i tlenu wegla. Pozyskiwany jest w wyniku fermentacji beztlenowej, glownie metanowej wspomnianych surowcow. Podczas tego procesu mikroorganizmy czesciowo utleniaja wiele zwiazkow organicznych, w wyniku czego powstaje glownie octan i wodor, a takze, w mniejszych ilosciach, propionian i maslan oraz niektore alkohole. Acetogenne bakterie przekształcaja propionian i maslan do octanu i wodoru, ktore nastepnie za sprawa metanogennych *Archaeobacterii* przekształcane sa w metan. Niektore drobnoustroje, zamiast do metanu, utleniaja octan do wodoru i dwutlenku wegla [23].

Stosunkowo wazna kwestia przy produkcji biogazu jest dobór skladników, ktore charakteryzuja sie rózny skladem i wykazuja rózna wydajnosc w procesie fermentacji. Gnojowica swińska jest substratem o niskiej wydajnosci biogazu: od 290 do 550 l CH₄/kg materii organicznej, gdyz w duzym stopniu sklada sie z wody. Aby zwiekszyc efektywnosc produkcji biogazu z gnojowicy, poddaje sie ja dzialaniu wysokich temperatur oraz zmianie pH. Termiczne modyfikacje prowadzone byly w zakresie temperatur od 70 do 190°C, w odpowiedniej aparaturze i przez okreslony czas. W przypadku dzialania temperaturami ponizej 100°C, gnojowice umieszczano na 3 godziny w szklanym reaktorze o pojemnosci 2 l, wyposazonym w mieszadlo magnetyczne. W przypadku wyzszych temperaturach

stosowano reaktor Zipperclave (typu autoklaw) wyposazony w ceramiczny piekarnik, a proces modyfikacji trwal 20 min. Modyfikacje chemiczno-termiczne polegaly na wprowadzeniu do gnojowicy wodorotlenku sodu, w takich ilosciach, aby pH mieszaniny wynosilo 10 lub 12. Etap zmiany pH przeprowadzany byl przed modyfikacja termiczna. W pierwszym przypadku najwyzszy Biochemiczny Potencjal Produkcji Metanu (BMP), nawet do 48%, uzyskano w temperaturze 190°C, przy czym optymalne wydaja sie byc temperatury przekraczajace 135°C i mniejsze od 190°C [24]. Przy ogrzewaniu w tak wysokiej temperaturze zachodzi termiczna hydrolyza gnojowicy [25]. Chemiczno-termiczne modyfikacje gnojowicy przy pH=10 i w 190°C nie skutkowaly zwiekszeniem BMP w odniesieniu do frakcji cieklej, natomiast w odniesieniu do calosci, potencjal BMP wzrosl, w porownaniu z wynikami testow surowej gnojowicy, o 78%. Natomiast, gdy pH wynosilo 12, stwierdzono zmniejszenie BMP, zarowno dla frakcji cieklej jak i calkowitego utamka gnojowicy, bez wzgledu, w jakiej temperaturze byla ogrzewana [24]. Przeprowadzone testy pozwolily stwierdzic, iz aby zwiekszyc efektywnosc produkcji biogazu z gnojowicy, warto ja ogrzac lub zmodyfikowac jej pH do 10 i ogrzac, zanim podda sie ja procesowi fermentacji.

Wydajnosc produkcji metanu z biomasy, zwieksza sie rowniez poprzez odpowiedni dobór substratow. Przeprowadzono proces fermentacji, w ktorym jako baze stosowano gnojowice swińska, natomiast kosubstratami byly kiszonka z kukurydzy, odpady owocowe w formie wytlokow oraz obornik bydlęcy. Najwieksza efektywnosc ekonomiczna uzyskano dla mieszanek gnojowicy i odpadow owocowych, podczas gdy wydajnosc produkcji biogazu z poszczegolnych substratow wyniosla odpowiednio 18,0 i 112,7 m³/h. Rownie wysoka efektywnosc uzyskano dla fermentacji kiszonki kukurydzianej, ktora jest stosunkowo droga, co sprawia, ze proces jego fermentacji staje sie nieopłacalny [22].

Zasadniczy wplyw na przebieg i wydajnosc beztlenowej degradacji ma temperatura prowadzenia tego procesu, ktora z kolei uwarunkowana jest obecnością okreslonej mikroflory w odpadach zwierzecych. W wiekszosci przypadkow fermentacje prowadzi sie w zakresie temperatur od 30 do 35°C, przy obecności mezofili oraz w temperaturach od 50 do 55°C, przy udziale termofili. Degradacja beztlenowa prowadzona w temperaturach ponizej 20°C lub powyzej 60°C skutkuje nizsza wydajnością metanu [26]. Wyniki prowadzenia fermentacji beztlenowej w tych temperaturach przedstawiono w tablicach 2 i 3.

Biogaz pozyskany w wyniku fermentacji beztlenowej stosowany jest jako źródło energii cieplnej. Przykładowa instalacje do uzyskiwania i przetwarzania energii cieplnej przedstawiono na rysunku 2 [27].

Tablica 2

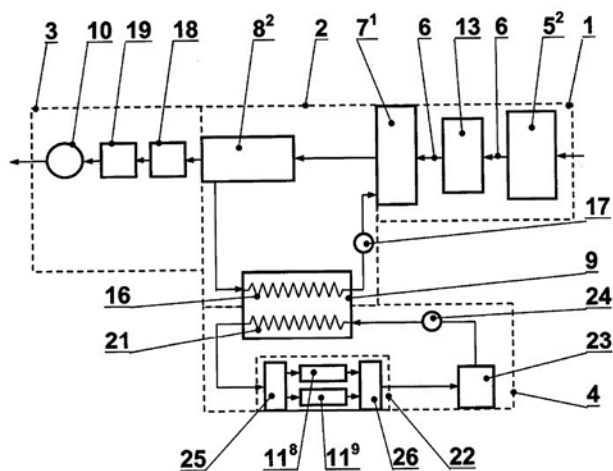
Akumulacja metanu z cieklej gnojowicy swińskiej ponizej warunkow mezofilnych [26]

Okres fermentacji, miesiac	Akumulacja metanu w róznych temperaturach, mmol/l			
	6°C	10°C	20°C	28°C
1	Ilości śladowe	Ilości śladowe	0,5	3,0
3	Ilości śladowe	6,0	11,0	52,0
9	2,9	11,8	46,3	Nie stwierdzony
15	34,2	42,3	73,1	Nie stwierdzony

Tablica 3

Produkcja metanu i wodoru z gnojowicy swińskiej powyzej warunkow termofilnych [26]

Okres fermentacji, dzien	Temperatura, °C	pH poczatkowe	pH koncowe	H ₂ , %	CH ₄ , %
2	40	6,6	5,6	0	20,6
2	55	6,6	6,0	0	4,0
2	73	6,6	6,1	3,27	6,1



Rys. 2. Schemat instalacji do pozyskania i przetworzenia energii ciepłej z gnojowicy, odpadów rolniczych i odpadów przetwórstwa rolno-spożywczego [27]

1 - układ wytwarzania pośredniego czynnika energetycznego, 2 - układ obiegu pośredniego czynnika energetycznego, 3 - układ wytwarzania energii elektrycznej, 4 - układ pętli ciepłej, 5² - fermentor, 6 - przewód gazowy, 7¹ - kocioł parowy wysokociśnieniowy, 8² - turbina parowa (urządzenie przetwarzające energię cieplną na energię mechaniczną), 9 - wymiennik ciepła, 10 - generator prądu, 11⁸ ÷ 11⁹ - odbiorniki ciepła 8 ÷ 9, 13 - zbiornik kompensacyjny, 16 - sekcja oddająca wymiennika ciepła, 17 - pompa wodna, 18 - układ sprzęgający, 19 - przekładnia, 21 - sekcja odbierająca wymiennika ciepła, 22 - zespół odbiorników ciepła, 23 - urządzenie do wyrównywania zmienności odbioru ciepła, 24 - pompa wodna, 25 - urządzenie rozdzielające, 26 - węzeł sumujący

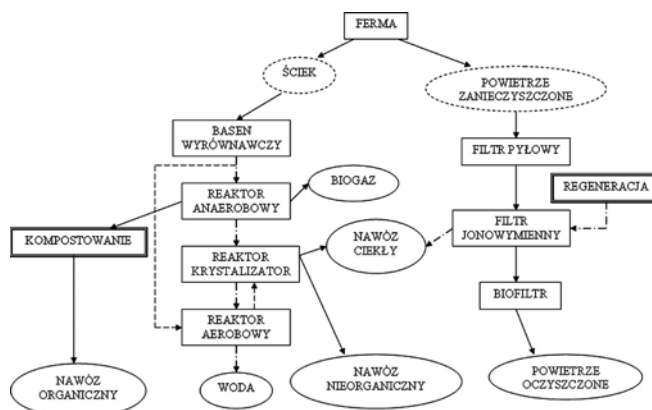
Instalację zasila się biomasa w ilości 8 t/dobę, uzyskując w ten sposób 300 kW mocy elektrycznej. Fermentację przeprowadza się w fermentorze, a uzyskany biogaz transportuje się do zbiornika kompensacyjnego, następnie do komory spalania generatora pary 7¹, skąd para przegrzana kierowana jest do turbiny parowej i wyprowadzana w postaci pary i skroplin do sekcji oddającej wymiennik ciepła. Generator prądu trójfazowego napędzany jest przez wał turbiny parowej, a uzyskany prąd przekazywany jest do sieci elektrycznej. Energia cieplna wytwarzana jest za pomocą czynnika pośredniczącego w postaci wody, ogrzewanego w sekcji odbierającej wymiennika ciepła, a następnie kierowanego do zespołu odbiorników ciepła 22. Obieg wody odbywa się za pomocą pompy wodnej i działa na zasadzie konwekcji wymuszonej. Ewentualny nadmiar ciepła odbierany jest przez urządzenie do wyrównywania zmienności odbioru ciepła. Odbiornikami ciepła mogą być np. zakład przetwórstwa mięsnego lub tuczarnię trzody chlewnej [27].

Zintegrowana technologia oczyszczania gnojowicy z hodowli trzody chlewnej

Wzrost produkcji gnojowicy oraz jej negatywny wpływ na środowisko naturalne, skłoniły do opracowania tzw. zintegrowanej technologii oczyszczania ciekłych odpadów z produkcji trzody chlewnej. Opiera się ona na wzajemnej współpracy i sprzężeniu określonych procesów: mechanicznego oczyszczania ścieków, fermentacji beztlenowej, kompostowania, obróbki chemicznej ścieków itp. Schemat zintegrowanej technologii przetwarzania ścieków hodowlanych, z uwzględnieniem procesów oczyszczania powietrza i gazów w układzie filtrów przeciwpyłowych, filtrów ze złożem jonowymyennym oraz biofiltrów przedstawiono na rysunku 3.

Istotnym etapem omawianego procesu jest biologiczne oczyszczanie gnojowicy, które polega na mezofilnej lub termofilnej mineralizacji ścieków w warunkach beztlenowych, przy zastosowaniu odpowiednich bioreaktorów. Podczas tego etapu zachodzi również sekwencyjne napowietrzanie gnojowicy, w celu utlenienia amoniaku do azotanów, a następnie w warunkach beztlenowych zachodzi ich redukcja do azotu cząsteczkowego (denitryfikacja). Technika prowadzenia nitrifikacji w sposób sekwencyjny pozwala na eliminację emisji metanu i odorów, a także likwidację substancji patogennych i zmniejszenie Biochemicznego Zapotrzebowania Tlenu – (BZT). Podczas tego etapu przeprowadzany jest również odzysk fosforu w postaci fosforanu magnezowo amonowego.

Otrzymuje się go w wyniku reakcji jonów fosforanowych i amonowych z jonami magnezowymi, wprowadzonymi do krystalizatora w formie tlenku lub soli nieorganicznej. Otrzymany w ten sposób struwit może być stosowany jako wolno działający nawóz mineralny [4].



Rys. 3. Schemat zintegrowanej technologii utylizacji ścieków hodowlanych [4]

Proces oczyszczania gnojowicy wiąże się również z oczyszczaniem i redukcją emisji gazów, głównie za pomocą biofiltrów, skruberów, w których zachodzi absorpcja oraz poprzez ozonowanie lub stosowanie dodatków chemicznych [4].

Zintegrowana technologia oczyszczania opiera się również na produkcji nawozów organicznych i uwzględnia etap odzysku azotu amonowego metodą filtracji jonowymiennej. Jony amonowe są adsorbowane na złożu zeolitowym, a podczas jego regeneracji roztworem chlorku sodu lub wody morskiej, są odzyskiwane w postaci roztworu, który jest zateżany m.in. w wyniku absorpcji amoniaku. W ten sam sposób można usuwać amoniak oraz aminy z roztworów i gazów procesowych [4].

Zintegrowana technologia oczyszczania gnojowicy przyczynia się do zmniejszenia zanieczyszczenia gleb i wód, a także do oszczędności energii. Ponadto umożliwia wydzielenie wysokiej klasy składników i ich bezpieczne użytkowanie na miejscu oraz transport na dalsze odległości.

Podsumowanie

Gnojowica świńska stanowi surowiec, który przy nieodpowiednim traktowaniu, może stwarzać poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego, ale stanowi również substrat do produkcji różnego rodzaju produktów. Dla zmniejszenia negatywnego wpływu na glebę i wodę, a także zwiększenia efektywności nawozowej gnojowicy, przetwarza się ją na nawozy mineralno-organiczne i organiczne, pod różnymi postaciami (nawozy ciekłe, stałe, w postaci zawiesin lub granulek). Gnojowicę poddaje się również procesom kompostowania, w wyniku których z łatwo degradowalnych związków otrzymuje się, substancje aromatyczne o większej stabilności i właściwościach użytkowych.

Gnojowica jako biomasa, stanowi również materiał stosowany do wytwarzania biogazu, źródła energii cieplnej, którą można przetwarzać na energię mechaniczną. Chociaż gnojowica nie wykazuje wysokiej wydajności w procesach fermentacji beztlenowej, zmieszanie jej z kosubstratem, np. odpadami owocowymi, powoduje wzrost efektywności ekonomicznej procesu. Fermentację metanową prowadzi się generalnie w warunkach mezofilnych lub termofilnych. Proces w temperaturach poniżej 20°C i powyżej 60°C jest mało efektywny, co wynika w dużym stopniu z aktywności określonej mikroflory, odpowiedzialnej za przebieg procesu fermentacji. Procesy beztlenowej degradacji zależą od rodzaju zastosowanych substratów oraz od temperatury prowadzenia procesu.

Opracowana zintegrowana technologia oczyszczania ciekłych odpadów z hodowli trzody chlewnej pozwala na zmniejszenie negatywnego wpływu gnojowicy na środowisko, zwiększenie efektywności procesów przetwarzania gnojowicy oraz zaoszczędzenie energii w wyniku produkcji biogazu.

Literatura

1. Prawo ochrony środowiska z dn. 27.04.2001., Dz. U. 2001.62.627 z 20.06.2001.
2. Ustawa o odpadach z dn. 27.04.2001., Dz.U.2001.62.628.
3. Ustawa o zmianie ustawy o odpadach oraz niektórych innych ustaw z dn. 22.01.2010., Dz. U. 2010.28.145 z 25.02.2010.
4. Pawelczyk A., Muraviev D.: *Zintegrowana technologia oczyszczania ciekłych odpadów z hodowli trzody chlewnej*. Przemysł Chemiczny 2003, **82/8-9**, 2-4.
5. Lens P., Hamelers B.: *Resource recovery and reuse in organic solid waste management*. IWA Publishing 2004, 249-261.
6. Bertora C., Alluvione F., Zavattaro L., van Groenigen J.W., Velthof G., Grignani C.: *Pig slurry treatment modifies slurry composition, N₂O, and CO₂ emissions after soil incorporation*. Soil Biology & Biochemistry 2008, **40**, 1999-2006.
7. Buelna G., Dubé R., Turgeon N.: *Pig manure treatment by organic bed biofiltration*. Desalination 2008, **231**, 297 - 304.
8. Zgłoszenie patentowe nr US 2008/0031844 A1, USA.
9. Jørgensen K., Stoumann Jensen L.: *Chemical and biochemical variation in animal manure solids separated using different commercial separation technologies*. Bioresource Technology 2009, **100**, 3088 - 3096.
10. Patent tymczasowy nr 110318, Polska.
11. Zgłoszenie patentowe nr US 2003/0172697 A1, USA.
12. Patent nr 5,071,559, USA.
13. Patent nr 5,443,613, USA.
14. Patent nr 1127076, Polska.
15. Patent nr 206903, Polska.
16. Patent nr 5,593,099, USA.
17. Patent nr 6,692,642, USA.
18. Patent nr 5,411,568, USA.
19. Patent nr 5,482,528, USA.
20. Patent nr 5,422,015, USA.
21. Huang G.F., Wu Q.T., Wong J.W.C., Nagar B.B.: *Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust*. Bioresource Technology 2006, **97**, 1834-1842.
22. Kowalczyk - Juško A.: *Efektywność produkcji biogazu z odpadów rolniczych i przetwórstwa rolno-spożywczego*. Zeszyty Naukowe 2009, **11**, 149-154.
23. Ledakowicz S., Krzystek L.: *Wykorzystanie fermentacji metanowej w utylizacji odpadów przemysłu rolno-spożywczego*. Biotechnologia 2005, **3 (70)**, 165-183.
24. Carrère H., Sialve B., Bernet N.: *Improving pig manure conversion into biogas by thermal and thermo-chemical pretreatments*. Bioresource Technology 2009, **100**, 3690-3694.
25. Bougrier C., Delgenès J.P., Carrère H.: *Effects of thermal treatments on five different waste activated sludge samples solubilisation, physical properties and anaerobic digestion*. Chemical Engineering Journal 2008, **139**, 236-244.
26. Nozhevnikova A.N., Kotsyurbenko O.R., Parshina S.N.: *Anaerobic manure treatment under extreme temperature conditions*. Wat. Sci. Tech. 1999, **40**, 215-221.
27. Patent nr 199032, Polska.

Praca naukowa finansowana jest ze środków na lata 2010-2013 jako projekt rozwojowy NRI4-0003-10/2010.

Mgr inż. Justyna KWAŚNY jest absolwentką Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej (2010). Obecnie doktorantka w Katedrze Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska Instytutu Chemii i Technologii Nieorganicznej WliTCh Politechniki Krakowskiej.

Prof. dr hab. inż. Zygmunt KOWALSKI, profesor zwyczajny Politechniki Krakowskiej, w 1969 r. ukończył studia na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Jest kierownikiem Katedry Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska i dziekanem Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej. Specjalność – technologia nieorganiczna i ochrona środowiska.

Dr inż. Marcin BANACH ukończył studia na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej (2006). Jest adiunktem na tej uczelni. Specjalność – technologia chemiczna nieorganiczna.

WAT - nowe Laboratorium Podczerwieni i Termowizji

Lidary, kamery termowizyjne, celowniki wykrywające snajperów, to tylko przykłady urządzeń, których projektowaniem zajmie się nowe Laboratorium Podczerwieni i Termowizji. Nową siedzibę laboratorium otwarto 20 czerwca br. w Wojskowej Akademii Technicznej.

Uczelnia realizuje szereg programów badawczych, którym przewodzą zakłady przemysłowe, projektów rozwojowych. W ramach tych projektów opracowano już wiele urządzeń, wykorzystujących podczerwień, np. celownik termowizyjny do obrony strzeleckiej (wspólnie z Przemysłowym Centrum Optyki) oraz kamerę termowizyjną, która, według planów, będzie instalowana w naszej nowej platformie bojowej Anders, pokazywanej w Kielcach na ostatnim salonie przemysłu obronnego.

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju jest powołane do tego, żeby finansować badania, które służą wszelkim wdrożeniom. Wraz ze wzrostem nakładów z budżetu państwa na finansowanie NCBiR, wzrosną również środki na rzecz obronności i bezpieczeństwa, a wiele z nich będzie wykorzystywanych potem cywilnie.

Laboratorium Podczerwieni i Termowizji będzie posiadało nową bazę pomiarową, która umożliwi projektowanie i programowanie urządzeń termowizyjnych, szkolenie ich obsługi, kształcenie studentów a także konstruowanie niektórych elementów. Laboratorium na WAT posiada też dwa unikatowe w skali Europy spektrometry termowizyjne, które umożliwiają wykonywanie pomiarów charakterystyk widmowych gazów. Oprócz tego, WAT zakupi unikatowe na skalę krajową dwa urządzenia do wykonywania elementów optycznych, np. bardzo dokładne zwierciadła, czy soczewki. Ponadto WAT będzie dysponował interferometrem, który umożliwi wykonywanie pomiarów parametrów całej powierzchni soczewki.

(naukawpolsce.pap.pl, 22.06.2011)