



Waste characterization in the light of the new draft Regulation of the Minister of Environmental Protection on the MBT

Agnieszka SKAWIŃSKA¹, Beata MICEK², Joanna HRABAK³

¹ Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, tel. (32)271 00 41, fax: (32) 6216206 e-mail: askawinska@ichpw.pl

² Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, tel. (32)271 00 41, fax: (32) 6216249 e-mail: bmicek@ichpw.pl

³ Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, tel. (32)271 00 41, fax: (32) 6216216 e-mail: jhrabak@ichpw.pl

Abstract

The article presents the problem with classification of waste after mechanical-biological treatment (MBT) in the light of the new Draft Regulation of the Minister of the Environment. In most cases, waste analyzed obtained the requirements of the composts for the loss on ignition but do not comply due to the parameter AT₄. Satisfactory values in one category composts assessment confirms the validity of the parallel determination of parameters corresponding to for determining the capacity of waste for further biological decomposition and loss of organic matter.

Keywords: waste, parameter AT₄, mechanical biological treatment of waste (MBT)

Streszczenie

Charakterystyka odpadów w świetle projektu nowego Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska w sprawie MBP

W artykule przedstawiono problematykę klasyfikacji odpadów po MBP w świetle nowego Projektu Rozporządzenia Ministra Środowiska. W większości przypadków analizowane odpady spełniają wymagania stabilizatorów pod kątem wartości strat prażenia ale nie spełniają ze względu na łącznie oceniany parametr AT₄. Uzyskanie zadowalających wartości parametrów w jednej kategorii oceny stabilizatorów potwierdza zasadność równoległego określania parametrów odpowiadających za określenie zdolności odpadu do dalszego biologicznego rozkładu oraz ubytku substancji organicznej.

Słowa kluczowe: odpady, parametr AT₄, mechaniczno-biologiczne przetwarzanie odpadów (MBP)

1. Wstęp

Przeniesienie do prawodawstwa krajowego regulacji prawa wspólnotowego zasadniczo zweryfikowało kierunki zagospodarowania odpadów komunalnych w Polsce. Polityka unijna, kształtująca zrównoważoną gospodarkę odpadami promuje kompleksowe podejście do problematyki, od wytwarzania odpadów do unieszkodliwiania z uwzględnieniem aspektu społecznego, ekonomicznego i środowiskowego. Krajowy Plan Gospodarki odpadami (KPGO) na lata 2016-2022 ustalił hierarchię postępowania, której priorytetowym założeniem jest minimalizacja produkcji, maksymalny odzysk materiałowy i energetyczny oraz ograniczenie ilości składowanych odpadów [1]. Zgodnie z danymi Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) nadal powszechną, a zarazem najmniej preferowaną w legislacjach unijnych metodą unieszkodliwiania odpadów jest składowanie. W Polsce do roku 2014 na składowiskach odpadów zdeponowano 53% odpadów komunalnych, 21% odpadów skierowano do recyklingu, 15% zutylizowano w procesach termicznych, a tylko 11% ogólnej ilości odpadów przetworzono w procesach biologicznych [2]. Rekomendowaną przez krajowe prawo metodą redukcji odpadów jest mechaniczno-biologiczne przetwarzanie (MBP), umożliwiające szybką stabilizację frakcji biodegradowalnej, zmniejszenie masy odpadów i uzyskanie bezpiecznego dla środowiska produktu [3]. Wydzielona podczas mechanicznego przetwarzania odpadów, biodegradowalna frakcja podsitowa (0-80 mm), wymaga zastosowania procesów biologicznych, w wyniku których następuje zmiana jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Frakcja podsitowa po procesie biologicznego przetwarzania uzyskuje status odpadu o kodzie 19 05 99 (inne

niewymienione odpady) i nazywana jest dalej stabilizatem przy spełnieniu uwarunkowań zawartych w projekcie nowego rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 lipca 2015 [4]. Proces biologicznego przetwarzania w warunkach tlenowych może być prowadzony jednostopniowo lub w dwustopniowo. Pierwszy etap dwustopniowego procesu biologicznego polega na stabilizacji próbki przez co najmniej 2 tygodnie w zamknięty reaktorze do czasu osiągnięcia wartości parametru $AT_4 < 20 \text{ mg O}_2/\text{g s.m.}$ Drugi stopień przetwarzania opiera się na stabilizacji próbki od 6-10 tygodni w przyzmac. Dwustopniowy proces biologicznego przetwarzania odpadu powinien spowodować spadek parametru AT_4 do wartości $< 10 \text{ mg O}_2/\text{g s.m.}$ [4]. Metody biologicznego przetwarzania odpadów nie zawsze jednak zapewniają całkowite rozłożenie frakcji biodegradowalnej. Wyłącznie prawidłowo przeprowadzony proces pozwala uzyskać odpad spełniający warunki projektu rozporządzenia [4].

W oparciu o założenia Ministra Środowiska w sprawie MBP, uznanie odpadu za ustabilizowany biologicznie i dopuszczenie możliwości jego unieszkodliwiania na składowiskach odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, będzie możliwe przy łącznym spełnieniu następujących wymagań:

- wartość parametru AT_4 jest mniejsza niż $10 \text{ mg O}_2/\text{g}$ suchej masy;
- straty prażenia są mniejsze niż 35%;
- zawartość węgla organicznego mniejsza niż 20% suchej masy [4].

Wskaźnik AT_4 jest referencyjnym parametrem umożliwiającym określenie zawartości frakcji biodegradowalnej w przetworzonych odpadach. Oznaczanie parametru AT_4 przy udziale metod biologicznych jest wykonywane w oparciu o pomiary respirometryczne. Wartość indeksu wyrażającego aktywność oddechową (parametr AT_4) wyznacza się w krótkim teście mikrobiologicznym (test AT_4), prowadzonym w ściśle zdefiniowanych warunkach. Zasada metody AT_4 polega na pomiarze aktywności oddechowej mikroorganizmów, tj.: szybkości pobieranego tlenu lub emisji dwutlenku węgla w ciągu 4 dni, która jest wyrażana w $\text{mg O}_2/\text{g s.m.}$ Ubytek masy organicznej podczas biologicznego przetwarzania jest determinowany zawartością strat prażenia (W_{LOI}) lub całkowitego węgla organicznego (TOC). Starty prażenia oznacza się metodą wagową, natomiast całkowity węgiel organiczny z zastosowaniem metody wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR. Badanie ubytku masy organicznej w odpadach w oparciu o oznaczenie w/w parametrów wykonuje się w ciągu 1 dnia. Różnica w ilości strat prażenia i węgla całkowitego, przed procesem biologicznego przetwarzania odpadu i po jego zakończeniu w odróżnieniu od parametru AT_4 , uniemożliwia jednak jednoznaczną ocenę utraty zdolności do dalszego biologicznego rozkładu [5]. Przeprowadzone badania [6] wykazały wysoką korelację pomiędzy zawartością substancji organicznej i aktywnością mikrobiologiczną odpadu. Redukcja frakcji organicznej w wyniku mineralizacji, powoduje spadek wartości parametru AT_4 .

Celem pracy było przybliżenie metodyki oznaczania parametru AT_4 oraz ocena elementarnych parametrów fizykochemicznych (straty prażenia) i biologicznych (parametr AT_4) odpadów po MBP, w aspekcie nadchodzących zmian w zakresie wymagań, uwarunkowanych projektem rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska [4].

2. Materiał i metody

2.1 Materiał i metodyka badań

Materiał do badań stanowiły próbki frakcji odpadów komunalnych o wielkości 0-80 mm, pozyskane z instalacji mechaniczno-biologicznego procesu przetwarzania odpadów. Próbki były pobierane podczas trwania stabilizacji tlenowej oraz po zakończonym procesie biologicznego przetwarzania. Badania wykonywano w Laboratorium Paliw i Węgla Aktywnych Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla (IChPW) w Zabrze. W stabilizatach analizowano parametr AT_4 i straty prażenia. Aktywność respirometryczną próbek (parametr AT_4) oznaczono metodą manometryczną zgodnie z normą PN-EN ISO 16072:2011 [7] z zastosowaniem zestawu pomiarowego OxiTop Control firmy WTW (kraj produkcji -Niemcy). Straty prażenia (W_{LOI}) oznaczono metodą wagową w oparciu o normę PN-EN 15169:2011 [8].

2.2 Metoda oznaczania parametru AT_4

W celu wykonania oznaczenia aktywności oddechowej odpadów (parametr AT_4), w naczyniu reakcyjnym umieszcza się 50 g, odpowiednio uziarnionej ($< 10 \text{ mm}$) i nawilżonej próbki. Optymalne nawilżenie dla próbek wynosi ok. 40–50%. Nadmierna ilość wilgoci w próbce powoduje zatykanie się porów wewnątrz badanego

materiału, co uniemożliwia swobodną cyrkulację tlenu. Z kolei przesuszenie odpadu podczas przeróbki, wpływa na zahamowanie procesu biologicznego poprzez zamieranie populacji mikroorganizmów, a w konsekwencji na uzyskanie zaniżonej wartości parametru AT_4 . Na pokrywie butli instaluje się główkę pomiarową wyposażoną w czujnik podciśnienia. Adapter naczynia pomiarowego jest zaopatrzony w podstawkę z pojemnikiem zawierającym substancję absorbującą. Powstające równoważne ilości dwutlenku węgla w procesie oddychania mikroorganizmów są absorbowane i usuwane z fazy gazowej. Główki pomiarowe rejestrują zmianę zapotrzebowania na tlen na podstawie ustalonej różnicy ciśnień. Dane z główek pomiarowych są odczytywane przy pomocy kontrolera. Próbki podczas analizy inkubuje się w szafie termostaticznej w temperaturze $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [7](Rys. 2.1), a uzyskane wyniki są przekazywane z kontrolera do komputera. Analiza parametru AT_4 trwa zazwyczaj 96 godzin, od momentu ukończenia fazy opóźnienia (lag phase). Wartość parametru AT_4 podaje się w mg tlenu na gram suchej masy odpadu z dokładnością do dwóch miejsc znaczących.



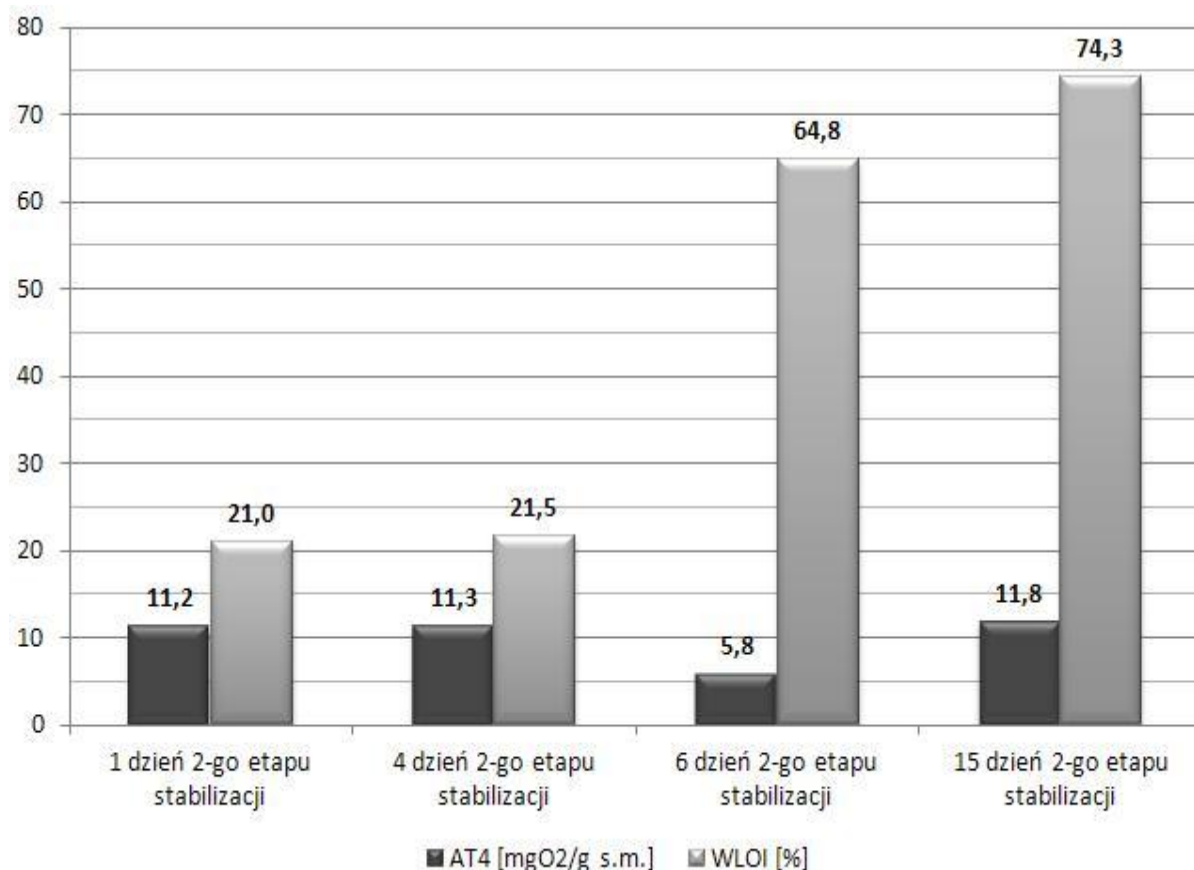
Rys. 2.1 Szafa termostaticzna zawierająca zestaw OxiTop Control do oznaczania parametru AT_4

2.3 Metoda oznaczania strat prażenia

W celu oznaczenia strat prażenia próbkę odpadu w stanie powietrzno - suchym rozdrabnia się do wielkości cząstek poniżej $200\ \mu\text{m}$. Zanieczyszczenia znajdujące się w próbce i niemożliwe do rozdrobnienia należy usunąć i określić ich udział procentowy. W celu wykonania oznaczenia, pobiera się do wyprażonego tygla od 0,5-5g próbki. Próbkę analityczną ogrzewa się w piecu do temperatury $550 \pm 25^{\circ}\text{C}$ przez co najmniej 1 godzinę. Spalanie próbki należy powtarzać do osiągnięcia stałej masy. Różnicę masy próbki przed i po procesie wykorzystuje się do obliczenia strat prażenia [8].

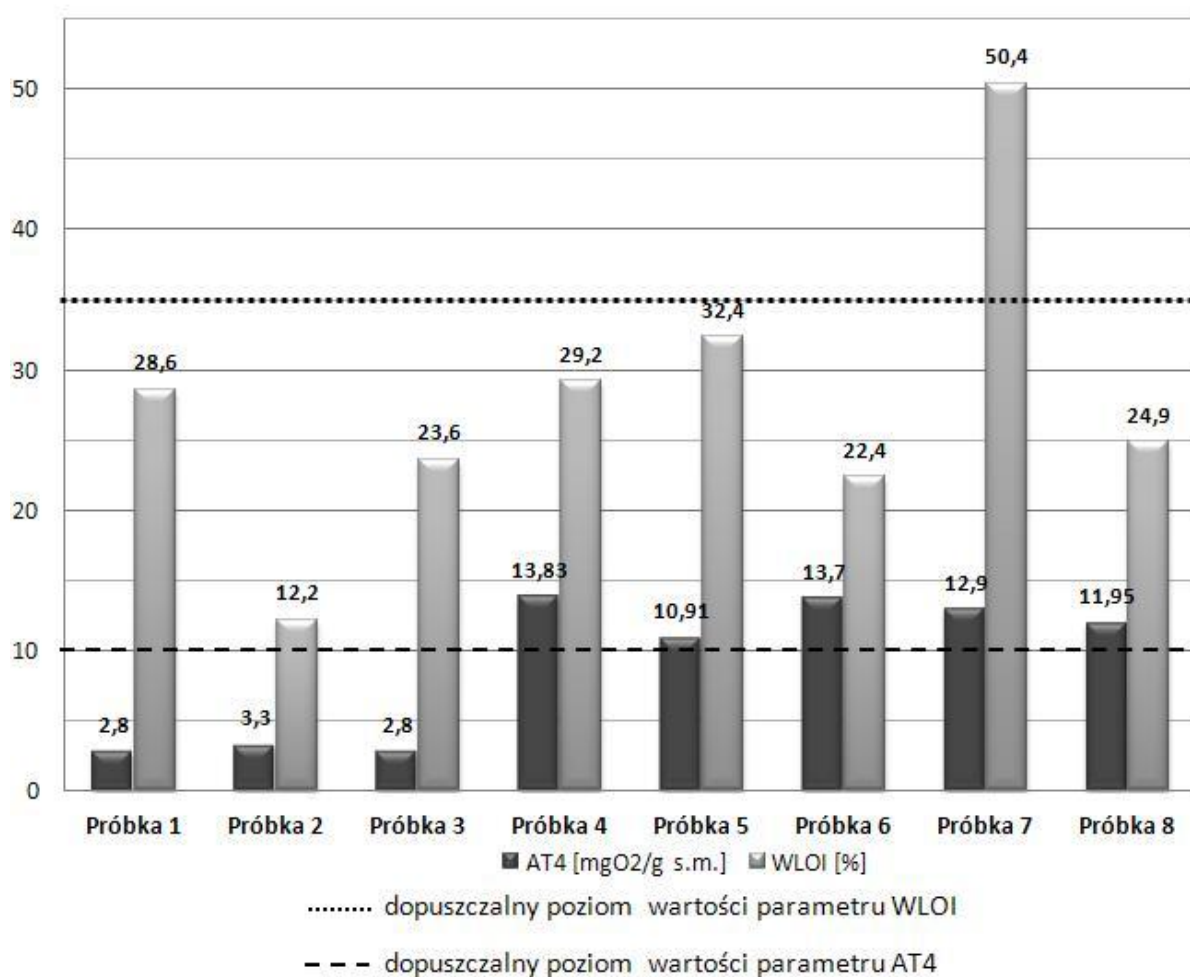
3. Wyniki i dyskusja

Uzyskane wyniki parametru AT_4 i strat prażenia (W_{LOI}), przedstawiono na rysunkach 3.1 i 3.2. Zaprezentowane wartości są średnią arytmetyczną dwóch oznaczeń. Zawartość strat prażenia i parametru AT_4 oznaczono w 4 różnych próbkach znajdujących się w odmiennych stadiach drugiego stopnia przetwarzania biologicznego. Próbki podczas trwania procesu biologicznego analizowano w celu zaobserwowania zmian podstawowych parametrów w czasie. Wszystkie badane próbki po zakończonym pierwszym stopniu stabilizacji tlenowej osiągnęły sugerowaną przez projekt rozporządzenia, wartość parametru AT_4 , która powinna wynosić $<20\text{mg O}_2/\text{g s.m}$ [4] (Rys.3.1).



Rys. 3.1 Wartości średnie wyników parametrów AT₄ i strat prażenia (W_{LOI}) w próbkach na różnym etapie drugiego stopnia stabilizacji tlenowej.

Wskaźnik AT₄ w trzech próbkach znajdował się na poziomie powyżej 10mg O₂/g s.m. Uzyskane wyniki należy uzasadnić krótkim czasem prowadzenia procesu biologicznego przetwarzania w warunkach tlenowych, który w świetle wdrażanych regulacji prawnych powinien wynosić od 8 -12 tygodni łącznie [4]. Próbką w 6 dniu stabilizacji osiągnęła wymaganą wartość parametru AT₄ pomimo wczesnego etapu przetwarzania, przy jednocześnie wysokiej zawartości strat prażenia. Dysproporcja uzyskanych wyników pomiędzy oznaczanymi parametrami, może świadczyć o uszkodzeniu mikroorganizmów przeprowadzających proces i w konsekwencji zahamowaniu aktywności oddechowej (Rys. 3.1). Wyniki pomiarów respirometrycznych (wartość parametru AT₄) i strat prażenia w badanych próbkach nie wykazały jednoznacznej zależności uzyskanych wartości od długości trwania procesu stabilizacji biologicznej. Analizę parametrów po zakończonym procesie biologicznego przetwarzania wykonano w 8 innych próbkach różniących się składem i pobranych w innym czasie. Zadowalające wartości parametrów otrzymano w wielu przypadkach tylko w jednej kategorii oceny: zdolności do dalszego biologicznego rozkładu (parametr AT₄) lub ubytku substancji organicznej w odpadach mierzonej wartością strat prażenia (Rys.3.2). W przeważającej ilości próbek, odnotowano przekroczenie granicznej wartości parametru AT₄ sugerowanej w projekcie rozporządzenia Ministra Środowiska (<10mg O₂/g s.m.). Analizowane odpady za wyjątkiem próbki nr 7 spełniały kryterium dopuszczalnej wartości strat prażenia (<35% s.m.).



Rys. 3.2 Wartości średnie wyników parametrów AT_4 i strat prażenia (W_{LOI}) po zakończonym procesie stabilizacji tlenowej.

Pomimo na ogół niskiego poziomu zawartości strat prażenia w analizowanych próbkach, wyniki parametru AT_4 wskazują na dalszą obecność substratów umożliwiających rozwój mikroorganizmów tlenowych. Odpady, które nie osiągnęły wymaganych wartości w obydwóch kategoriach oceny, w świetle wchodzących przepisów [4], pozostają aktywne i nadal podatne na biologiczną degradację, w związku z powyższym nie mogą być deponowane na składowiskach. Tylko trzy analizowane próbki uzyskały odpowiedni poziom parametru AT_4 i strat prażenia. Próbki te można zaklasyfikować do ustabilizowanych przy spełnieniu dodatkowo wymagania związanego z udziałem całkowitego węgla organicznego, którego dopuszczalna granica zawartości będzie wynosiła 20% s.m. [4]. Mając na uwadze uwarunkowania zawarte w projekcie rozporządzenia, odpad po procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zostanie uznany za stabilny przy jednoczesnym spełnieniu ocenianych kryteriów: parametru AT_4 , strat prażenia oraz całkowitego węgla organicznego [4]. Otrzymane wyniki można uzasadnić odmiennym składem przetwarzanych substratów, który ma bezpośredni wpływ na dywergencje podczas przebiegu procesu biologicznego przetwarzania odpadu i jakoś powstałego stabilizatu. Weryfikacji powinien zostać poddany czas przetwarzania odpadów oraz poziom intensywności przetwarzania biologicznego. Wyłącznie prawidłowo przeprowadzony proces biologiczny, gwarantuje uzyskanie stabilizatu o wartości parametrów uwzględnionych w projekcie Rozporządzenia Ministra Środowiska [4]. Podstawowymi czynnikami wpływającymi na prawidłowy przebieg biologicznego procesu przetwarzania odpadów są: skład chemiczny poddawanego przemianom odpadu, stosunek C/N materiału wyjściowego, odpowiednie napowietrzenie, temperatura i wilgotność podczas trwania procesu [9]. Ograniczona zawartość wody oraz denaturacja białek spowodowana podwyższoną temperaturą w środowisku, zaburza metabolizm mikroorganizmów przeprowadzających aerobowy proces biologicznego rozkładu [10]. Przesuszenie materiału, prowadzi do zamierania żywych form mikroorganizmów i ich przejścia w formy przetrwalnikowe, a w

konsekwencji wpływa na zniżenie wyniku parametru AT_4 . Ponowny wzrost wilgotności może spowodować aktywację populacji drobnoustrojów tlenowych i ponowny wzrost wartości parametru AT_4 . Niewłaściwe wyniki testu AT_4 spowodowane są najczęściej nieodpowiednim pobraniem i przygotowaniem próbki, które warunkują utrzymanie podstawowych funkcji biologicznych mikroorganizmów oraz mogą być efektem błędów popełnianych przez analityka na etapie przeprowadzenia oznaczenia. Analiza parametru AT_4 wymaga kontroli warunków procesu, alarmująca różnica podciśnień podczas trwania badania, wynosząca powyżej 120 hPa, może spowodować nieodwracalne uszkodzenie mikroorganizmów [9]. Przeprowadzając badanie parametru AT_4 na aparacie OxiTop, przy wystąpieniu wysokiej wartości ciśnienia w naczyniu pomiarowym, konieczne jest manualne przewietrzenie próbki [13]. W trakcie pomiaru aktywności oddechowej mikroorganizmów (parametr AT_4) przebiegają równolegle w próbce inne procesy biologiczne i chemiczne, wśród których należy wymienić popularnie występującą nityfikację i denityfikację. Stanowią one czynnik limitujący oznaczenie parametru AT_4 , który wynika z samej metodyki badania. Przemiany metaboliczne zachodzące w trakcie pomiaru mogą powodować powstawanie metabolitów wtórnych, które niezaabsorbowane działają hamująco na mikroorganizmy [10]. Wszystkie zachodzące w próbce procesy powodują zmianę podciśnienia, która jest błędnie interpretowana jako zużycie tlenu i w konsekwencji może wpływać na zawyżenie wartości parametru AT_4 .

4. Podsumowanie

Zgodnie z krajową hierarchią postępowania z odpadami [3], preferowaną metodę ich unieszkodliwiania jest mechaniczno-biologiczny proces, którego nadrzędnym celem jest redukcja frakcji biologicznie degradowalnej. W publikacji przedstawiono wyniki badań parametrów monitoringowych, warunkujących jakość stabilizatów po MBP w odniesieniu do wymagań definiowanych w projekcie rozporządzenia [4]. Analizowane próbki po zakończonym procesie stabilizacji w wielu przypadkach nie spełniały łącznie ocenianych parametrów, świadczących o stabilizacji biologicznej odpadu i o ubytku substancji organicznej. Niepoprawność uzyskiwanych wyników, która niejednokrotnie wpływa na zaniżoną ocenę reaktywności biologicznej najczęściej wynika z nieprawidłowości występujących na etapie biologicznego przetwarzania odpadów, m.in.: wysuszenia materiału przez zbyt intensywne napowietrzanie lub niedostatecznego zaopatrzenia w tlen. Kontrola biologicznego procesu odbywa się poprzez ocenę jakości przetworzonego odpadu. Zgodnie z dotychczas obowiązującymi (do dnia 24.01.16) aspektami prawnymi, oceny jakości stabilizatu po procesie MBP dokonywano na podstawie tylko jednego parametru [11]. Różnica w ilości strat prażenia i zawartości węgla całkowitego, przed procesem biologicznego przetwarzania odpadu i po jego zakończeniu, determinuje całkowity ubytek masy organicznej w wyniku mineralizacji, natomiast uniemożliwia jednoznaczną ocenę zmiany postaci substancji organicznej i jej utraty zdolności do dalszego biologicznego rozkładu [12]. Parametr AT_4 jest aktualnie referencyjnym, analitycznym narzędziem umożliwiającym ocenę stabilizatu pod względem utraty zdolności do biologicznego rozkładu. Uzyskane wyniki badań wskazują na zasadność proponowanych zmian w podejściu polskiego prawodawcy w kierunku kompleksowej analizy stabilizatów oraz oceny degradacji biologicznej (parametr AT_4) jako badania obligatoryjnego a nie alternatywnego. Precyzyjne określenie reaktywności biologicznej odpadów jest zasadniczym wskaźnikiem, z uwagi na istniejące zagrożenie powstawania metanu w nieprzetworzonych odpadach organicznych, podczas ich unieszkodliwiania na składowiskach.

Bibliografia

1. Założenia do aktualizacji Krajowego Planu Gospodarki Odpadami projekt z dnia 28 lipca 2015r.
2. Główny Urząd Statystyczny, Departament Badań Regionalnych i Środowiska.
3. Krajowym Planem Gospodarki Odpadami z 2014 roku [Uchwała nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2014 (Monitor Polski nr 101, poz. 1183)].
4. Projekt Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 lipca 2015r. w sprawie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych.
5. Szpadt R., Jędrzak A., Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, na podstawie opracowania, Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami, Warszawa 2008.
6. Sidelko R., Siebelska I., Szymański K., Skubała A., Kołacz N., Ocena stabilności kompostu w czasie rzeczywistym, Inżynieria i Ochrona Środowiska, t.17, nr. 2, 2014 s. 221-230.

7. PN-EN ISO 16072:2011, „Jakość gleby-Laboratoryjne metody oznaczania mikroorganizmów glebowych”.
 8. PN-EN 15169:2011, „Charakteryzowanie odpadów, oznaczanie straty prażenia odpadów, szlamów i osadów”.
 9. Siemiątkowski G., Mechaniczno-biologiczne przetwarzanie frakcji biodegradowalnej odpadów komunalnych, Przewodnik po wybranych technologiach oraz metodach badań i oceny odpadów powstałych w tych procesach, Opole, 2012.
 10. Siemiątkowski G., Ocena efektywności procesu mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów z nawilżaniem i bez nawilżania, Prace ICiMB, 2014 nr 18, 108-132.
 11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 września 2012 r. w sprawie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych, Dz. U. 2012, poz. 1052.
 12. Szpadt R. i Jędrzak A., Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, na podstawie opracowania, Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami, Warszawa 2008.
 13. Binner E., Böhm K., Lechner P., Large scale study on measurement of respiration activity (AT4) by Sapromat and OxiTop, Waste Management 32 (2012) 1752–1759.
-

