

Wykorzystywanie testów do oceny stopnia stabilizacji odpadów

Na rynku dostępnych jest wiele testów do oceny stopnia biologicznej stabilizacji składowanych odpadów. Zwykle są to metody bazujące na procesach beztlenowych bądź tlenowych, podczas których mierzona jest ilość gazu absorbowanego bądź wydzielonego przez próbkę odpadu. W artykule opisano wybrane metody testów szacujących stopień przetworzenia odpadów przed ich składowaniem.

1. Wstęp

Jednym z najważniejszych problemów związanych z przetwarzaniem odpadów komunalnych jest ich biologiczna stabilizacja. W prawie europejskim [10] istnieją zapisy mówiące o konieczności redukcji udziału składowanych odpadów biodegradowalnych. Dyrektywa określa plan redukcji udziału materii organicznej w odpadach innych niż niebezpieczne, deponowanych na składowiskach odpadów. W dyrektywie nie określono jednak w jaki sposób powinna być przeprowadzona ocena biodegradowalności odpadów składowanych. Wiele krajów członkowskich posiada własne rozporządzenia dotyczące tego zagadnienia, m.in. Niemcy, Austria czy Włochy. Prowadzone są prace nad ujednoczeniem wartości granicznych oraz metod testowych oznaczania aktywności biologicznej składowanych odpadów. Celem wprowadzenia testów jest monitoring efektywności biologicznego rozkładu biodegradowalnej frakcji odpadów podczas produkcji kompostu, ocena redukcji aktywności biologicznej odpadów stałych przed ich składowaniem oraz kontrola procesów zachodzących na składowiskach starszego typu.

Ocenę stopnia mechaniczno-biologicznego przetworzenia odpadów można przeprowadzić poprzez badanie wielkości respiracji w próbkach odpadów pobranych w trakcie trwania procesu. W roku 1997 Binner i in. [6] zaproponowali, aby w odpadach składowanych określać, oprócz parametru TOC (*Total Organic Carbon*) oraz suchej masy organicznej (*VS – Volatile Solids*), także aktywność respiracyjną (AT-4) oraz sumę gazów w warunkach beztlenowych po 21 dniach (GS21) [18].

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Inżynierii Materiałowej, Procesowej i Środowiska w Opolu.

W literaturze opisanych jest wiele testów służących ocenie biologicznej stabilizacji odpadów [12, 14, 23]. Podstawą oceny jest zwykle określenie podatności materii organicznej na mineralizację. Stopień biodegradacji substancji organicznej jest wyznacznikiem prawidłowo przeprowadzonego procesu. Niektóre kraje preferują konkretne metody wyznaczania wskaźnika stabilizacji odpadów. Do metod najczęściej stosowanych należą testy prowadzone w warunkach beztlenowych lub tlenowych [2].

2. Testy w warunkach beztlenowych

Testy prowadzone w warunkach beztlenowych opierają się na pomiarze wydzielanego CO_2 i CH_4 z odpadów przebywających w komorach gnilnych, rozkładanych przez mikroorganizmy beztlenowe. Charakterystykę wybranych testów w warunkach beztlenowych przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Przykłady prowadzenia testów w warunkach beztlenowych [23]

| Nazwa metody | Warunki środowiskowe | | | | Sposób przygotowania próbki | Metoda oznaczania biogazu | Jednostka |
|-------------------------|----------------------|---------------|---|-----------------|---|--|---------------------------|
| | temperatura [°C] | czas testu | wilgotność | wielkość próbki | | | |
| Test fermentacyjny GB21 | 35 | 21 dni | 50 g suchej masy I 300 ml wody (200 ml w Austrii) | 50 g s.m. | rozdrobienie do wielkości < 10 mm (< 20 mm w Austrii) | gaz przepuszczany przez roztwór NaOH w cylindrze miarowym | mg/kg s.m. NI/kg s.m. |
| Test inkubacyjny GS90 | 40 | 90 dni | nawilżanie do wysycenia | 1 kg s.m. | przesianie < 20 mm | powstający gaz przeliczony na warunki normalne (0°C, ciśnienie 1013 mbar) | NI/kg s.m. |
| Wg Kelly i innych | 35 | 45 dni | bez dostosowywania wilgotności | 2 g | suszenie i rozdrobnienie do wielkości < 10 mm | ciśnienie gazu mierzone przy użyciu „Eudiometru”, skład metodą chromatograficzną | mlCH ₄ /g s.m. |
| BM100 | 35 | ponad 100 dni | zawartość suchej masy 87–93 % | 20 g | bez usuwania BMW | biogaz zbierany w cylindrach miarowych zawierających zakwaszoną wodę | NI/kg |

NI – litr w warunkach normalnych, s.m. – sucha masa, BMW – biodegradowalna frakcja odpadów komunalnych (*Biodegradable Municipal Waste*).

W niemieckim teście fermentacyjnym GB21, 50-gramowa próbka, o wielkości ziaren < 10 mm, zwilżana jest 300 ml wody. Natomiast w Austrii wymagana jest wielkość ziaren < 20 mm, próbka zwilżona jest 200 ml wody. Test trwa 21 dni w temperaturze 35°C , w warunkach beztlenowych. W teście oznacza się ilość wytworzonego gazu, przepuszczanego przez cylinder miarowy zawierający roztwór NaOH. Podobna metoda GS90, prowadzona jest przez 90 dni, dla większej masy próbki (1 kg) w temperaturze 40°C .

W metodzie BM100 odpady są wstępnie rozdzielane. Do testów wykorzystuje się jedynie biodegradowalną frakcję odpadów. Wytworzony biogaz zbierany jest w cylindrze miarowym wypełnionym zakwaszoną wodą. Analizę prowadzi się po co najmniej 100 dniach [23].

Cossu i Raga [9] w badaniach stabilności odpadów wykorzystali parametr *black index* (BI). Jest to prosty parametr określający stabilność biologiczną. Zasadą tej metody jest obserwowanie zmian barwy papierków wskaźnikowych nasączonych octanem ołowiu. Podczas reakcji octanu ołowiu i siarkowodoru powstaje osad siarczku ołowiu o barwie czarnej. Zmiana barwy od brązowej poprzez szarą do czarnej zależy od ilości siarkowodoru. Dwucentymetrowe paski zawieszane są nad próbką odpadu, w szczelnym naczyniu o pojemności 0,25 l w temperaturze 35°C w warunkach beztlenowych. Wilgotność doprowadza się do 50%, wielkość cząstek odpadu wynosi < 2 cm. Zakończeniem testu jest zabarwienie papierka wskaźnikowego. *Black index* obliczany jest jako odwrotność czasu potrzebnego do zmiany barwy indykatora w przeliczeniu na suchą masę ($\text{d}^{-1} \text{ kg s.m.}^{-1}$).

3. Testy w warunkach tlenowych

Metody testów w warunkach tlenowych opierają się na mierzeniu zużycia O_2 lub produkcji CO_2 w próbce odpadu. W obu przypadkach wymagane jest wykorzystanie specyficznej aparatury. Uważa się, że analiza CO_2 jest tańsza i łatwiejsza do przeprowadzenia niż analiza O_2 [2]. Teoretycznie stosunek zużytego O_2 i wydzielonego CO_2 powinien wynosić 1:1. Okazuje się jednak, że zależy on od poziomu natlenienia węgla organicznego. Należy wówczas wziąć poprawkę na oznaczany CO_2 w metodach testów respiracyjnych [2].

Metody respiracyjne dzieli się na dynamiczne i statyczne. W metodach dynamicznych próbka napowietrzana jest przez cały czas trwania analizy. W metodach statycznych próbka nie jest napowietrzana. Charakterystykę wybranych testów dynamicznych i statycznych w warunkach tlenowych przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Przykłady prowadzenia testów w warunkach tlenowych [23]

| Symbol metody | Rodzaj testu | Warunki środowiskowe | | | | Sposób przygotowania próbki | Ocena efektów | Jednostka |
|------------------|--------------|----------------------|-------------|--------------------------|---------------------------------|---|--|---------------------------------|
| | | temperatura [°C] | czas testu | wilgotność | wielkość próbki | | | |
| ASTM | D | 58 | 4 dni | 50% | 500 g | b.d. | stabilność kompostu | b.d. |
| SOUR | b.d. | b.d. | 5–6 h | zawiesina | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. |
| OD20 | S | 30 | 20 h | zawiesina | 3–8 g | próbka kompostu | stabilność kompostu | mgO ₂ /h/g s.m. |
| DSOUR | b.d. | b.d. | 20 h | bez dodawania | b.d. | < 9,5 mm | b.d. | b.d. |
| DRI | b.d. | procesowa | ok. 24 h | 750 g/kg | b.d. | b.d. | b.d. | b.d. |
| RDRI | D | procesowa | b.d. | bez dodawania | 20–40 kg | rozdrobienie 50 mm | stabilność biologiczna | mgO ₂ /kg/h |
| PDRI | b.d. | b.d. | b.d. | optymalna | b.d. | kwartowanie | b.d. | |
| SRI | S | procesowa | 24 h | 750 g/kg | b.d. | b.d. | b.d. | mgO ₂ /kg/h |
| Solvita | S | 20–25 | 4 h (+48 h) | nasyce- nie | do na- pełnienia naczynia | usuwanie kamieni i innych | dojrzałość kompostu | skala 1–8 |
| DR ₄ | D | 37 | 4 dni | 50% m/m | 200–250 g s.m. | nie są usu- wane BMW | monitoring wydajności MBT | mgO ₂ / kg |
| RI _T | S | procesowa | 4 h | 40–50% m/m | 250 ml | BMW roz- drabniane | stabilność kompostu | mgO ₂ / g/h |
| RI ₃₇ | b.d. | 37 | 18 h | b.d. | b.d. | przesiewanie < 10 mm usuwanie szkła, plasti- ku i in. | stabilność kompostu | mgO ₂ / g/h |
| AT-4 Niemcy | S | 20 | 4 dni | nasy- cenie 40–50% | 30–40 g zwilżonej | < 20 mm | aktywność biolo- giczna | mgO ₂ / g s.m. |
| AT 7 Niemcy | S | 20 | 7 dni | nasy- cenie 40–50% | 30–40 g zwilżonej | < 20 mm | z uwzględ- nieniem regulacji dotyczącej składowa- nia | |

S – metoda statyczna, D – metoda dynamiczna, s.m. – sucha masa, b.d. – brak danych, BMW – biodegradowalna frakcja odpadów komunalnych (*Biodegradable Municipal Waste*), MBT – przetwarzanie mechaniczno-biologiczne (*Mechanical-Biological Treatment*).

Metoda ASTM (*American Society for Testing and Materials*) polega na badaniu stabilności kompostu poprzez pomiar zużycia tlenu w próbkach inkubowanych w 58°C przez 4 dni.

Metoda SOUR (*Specific Oxygen Uptake Rate*) służy do oceny stabilności kompostu. Metodę tę różni od innych sposób przygotowania próbki. Próbka odpadu badana jest w postaci zawiesiny wodnej. Podobne do SOUR metody to OD20, gdzie analizę przeprowadza się po 20 h oraz DSOUR, w której nie nawilża się próbki.

Metodę DRI (*Dynamic Respiration Index*) stworzono w celu oceny biologicznej stabilizacji odpadów. Opisano trzy odmiany tej metody: DRI, RDRI (*Real DRI*) oraz PDRI (*Potential DRI*). Różnią się sposobem nawilżenia próbki. Metodę DRI (*Dynamic Respiration Index*) niedawno uznano w Unii Europejskiej [7]. Metoda została także wprowadzona w 2006 r. we Włoszech [22].

Metoda SRI (*Static Respiration Index*) jest zbliżona do RDRI, z tym że SRI jest metodą statyczną.

Metoda Solvita należy do metod statycznych, wykorzystywanych komercyjnie do oceny dojrzałości kompostu. Naczynie do badań napełniane jest do odpowiedniej wysokości próbką kompostu. Próbka zamykana jest w naczyniu w celu stabilizacji. Równocześnie w środku znajduje się żelowa łopatką nie dotykająca próbki. Analiza przebiega w temperaturze pokojowej i w świetle dziennym, w czasie 4 h. Wynik badania stanowi zmiana barwy łopatek, która zależy od ilości wytworzonego CO₂. Skala Solvita zawiera się w zakresie od 1 do 8, gdzie 1 oznacza próbkę bardzo aktywną, natomiast 8 mało aktywną, czyli kompost dojrzały [8].

Metoda DR4 (*Dynamic Respiration*) bazuje na metodzie ASTM, z tą różnicą, że używa się tu mniejszej próbki badanej w wyższej temperaturze. Próbka inkubowana jest w 37°C przez 4 dni.

Metoda RI (*Respiration Index*) wykorzystywana jest do badania stopnia stabilizacji kompostów. Występuje w dwóch odmianach: RI_T i RI₃₇. W pierwszej badanie prowadzi się *in situ* w temperaturze procesu, w drugiej w temperaturze 37°C.

Metoda AT-4 i AT-7 została wprowadzona w Niemczech jako wskaźnik respiracji (*Static Respiration Index*). W testach badana jest ilość wydzielonego CO₂, absorbowanego przez roztwór NaOH w warunkach podciśnienia. Analizę przeprowadza się odpowiednio po 4 i 7 dniach. Metoda jest powszechnie znana pod nazwą urządzenia do badań „Sapromat”. Istnieje alternatywna metoda pod nazwą „Oxitop” lub „OxyTop”.

W literaturze opisywany jest także parametr AT-10, analogiczny do AT-4 i AT-7, z tą różnicą, że analiza wykonywana jest po 10 dniach. Parametr AT-10

nie jest jednak rekomendowany, z uwagi na zbyt małą ilość danych niezbędnych do oceny stabilizacji odpadów. Według Waglanda i in. [23] bardziej praktyczne do tego celu są testy AT-4 i AT-7. Zgodnie z prawodawstwem Niemiec i Austrii odpady składowane powinny osiągnąć poziom AT-4 odpowiednio 5 mg/g s.m. oraz 7 mg/g s.m. [1, 18].

Należy wspomnieć, że prostą metodą oceny biochemicznej stabilizacji odpadów jest parametr BZT-5 (BOD5 – *Biological Oxygen Demand*) i ChZT-Cr (COD – *Chemical Oxygen Demanded*) oznaczane w wyciągach wodnych oraz ich wzajemna korelacja. Wykorzystanie tych parametrów w ocenie stabilizacji przetwarzanych odpadów przedstawili Cossu i Raga [9]. Autorzy badali odpady po wstępnym przetworzeniu oraz zdeponowane na składowiskach odpadów w różnym czasie. Potwierdzili także występowanie dodatniej korelacji między parametrem BOD5/COD a wskaźnikiem AT-4, wyrażonym jako (RI4 – w oznakowaniu włoskim). Uzyskali współczynnik korelacji między tymi parametrami $R^2 = 0,75$ oraz między GB21 a RI4 wynoszący $R^2 = 0,60$.

4. Przykłady zastosowania testów stabilności biologicznej odpadów

Hansen i in. [13] uważają, że do oceny stopnia stabilizacji odpadów przed ich składowaniem najlepiej sprawdzają się metody analizy wskaźnika respiracji, nie zaś bazujące na określaniu ilości biogazu wytworzonego przez odpad, z uwagi na długi czas analizy i pracochłonność.

Tintner i in. [21] przedstawili wyniki trzyletnich badań nad sposobem przetwarzania mechaniczno-biologicznego odpadów. W pracy przeanalizowali 313 próbek odpadów pochodzących z wybranych zakładów przetwarzania mechaniczno-biologicznego odpadów. Oznaczono aktywność respiracyjną (RA4 jako AT-4 wg OENORM S 2027-1) [4] oraz sumę gazów (GS21 jako GB21 wg OENORM S 2027-2) [5]. Odpady były przetwarzane w zamkniętych napowietrzanych pojemnikach, a następnie stabilizowane na zewnątrz. Autorzy porównali wyniki z dwóch systemów przetwarzania. W pierwszym przypadku odpady przetwarzane były w zamkniętych systemach z napowietrzaniem przez ok. 4 tygodnie, następnie stabilizowane przez 8 tygodni. Drugi system obejmował 2 tygodnie w systemie zamkniętym i 6 tygodni stabilizacji na zewnątrz, odpady dodatkowo wzbogacono o osady ściekowe. Autorzy stwierdzili, że w drugim wariantcie krótszy okres przetwarzania i dojrzewania kompostu nie był wystarczający do redukcji aktywności na poziomie wymaganym dla składowania. Średnio odpady przetwarzane w zamkniętych systemach uzyskały duży rozrzut wyników dla RA4 (20–75 mgO₂/g s.m., średnio 45 mgO₂/g s.m.). Natomiast wszystkie odpady stabilizowane na zewnątrz charakteryzowały się zbliżoną wartością RA4 (4,5 mgO₂/g s.m.). Autorzy stwierdzili dodatkowo, że dojrzewające na zewnątrz odpady nie wykazywały większej aktywności respiracyjnej od składowanych.

Cossu i Raga [9] zasugerowali, aby do oceny odpadów o wysokiej aktywności biologicznej, wykorzystywać głównie wskaźniki dynamiczne. Autorzy prowadzili badania nad określeniem zależności między wskaźnikami respiracji a parametrem AT-4 w ramach projektu ramowego *Italian National Environmental Protection Agency* [9].

Podobnie Scaglia i in. [20] oraz Adani i in. [3] porównali wskaźnik AT-4 z innymi testami stopnia respiracji (statycznymi i dynamicznymi), dla tych samych próbek odpadów.

Wagland i in. [23] przedstawili wyniki badań nad występowaniem korelacji między wybranymi testami (tab. 3). Także inni autorzy prowadzili badania nad wzajemną zależnością między poszczególnymi testami opisującymi stopień stabilizacji odpadów [9, 11, 21].

T a b e l a 3

Zestawienie współczynników korelacji między testami badania stabilności odpadów [23]

| Test krótkoterminowy | Test długoterminowy | Rodzaj próbki | Współczynnik korelacji (R^2) |
|----------------------|---------------------|---|----------------------------------|
| AT-4 | GB21 | MSW z zamkniętego składowiska | 0,80 |
| AT-7 | GS90 | pozostałość odpadów wstępnie przetworzonych | 0,83 |
| GB21 | GS90 | pozostałość odpadów wstępnie przetworzonych | 0,95 |
| DR4 | BM100 | MSW z odprowadzonym BMW | 0,54 |

BMW – biodegradowalna frakcja odpadów komunalnych (*Biodegradable Municipal Waste*), MSW – stałe odpady komunalne (*Municipal Solid Waste*).

Redon i in. [17] zbadali wpływ rozdrobnienia odpadów przetworzonych i nieprzetworzonych na wartość wskaźnika respiracji. W pierwszym przypadku próbki były przesiewane przez sito o oczkach < 10 mm, a w drugim próbki były wstępnie rozdrabniane i następnie przesiewane < 10 mm. Autorzy zbadali w próbkach wskaźnik respiracji RI4 (odpowiednik włoski parametru AT-4). Odpady nieprzetworzone charakteryzowały się wartością wskaźnika respiracji na poziomie 80 mgO₂/g s.m., niezależnie od sposobu przygotowania. Natomiast odpady przetworzone charakteryzowały się wartością RI4 na poziomie 6 mgO₂/g s.m. dla odpadów przesianych oraz 16 mgO₂/g s.m. dla odpadów wstępnie rozdrobnionych. Różnice w wynikach autorzy tłumaczyli różnym składem próbek oraz szybszym rozkładem rozdrobnionej materii organicznej w odpadach. Autorzy przytoczyli także przykład badań prowadzonych przez Binnera i in. [6] nad wpływem rozdrobnienia odpadów na wielkość wskaźnika respiracji i produkcji gazu. Badania potwierdziły wpływ stopnia rozdrobnienia odpadów na ich podatność na biodegradację.

5. Podsumowanie

Prace nad ujednoczeniem sposobu oceny stopnia stabilizacji odpadów bazują na doświadczeniach krajów, które już wprowadziły systemy oznaczania tych parametrów. Należą do nich Niemcy, Austria czy Włochy [1, 4–5, 18, 22]. Inne kraje, takie jak Wielka Brytania, Francja czy Hiszpania, rozpoczęły wdrażanie metod mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, w celu redukcji frakcji organicznej w odpadach komunalnych [15–16, 19, 23].

Także Polska korzysta z doświadczeń niemieckich i austriackich. W „Wytucznych dotyczących wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (według stanu prawnego na dzień 15 grudnia 2008 r.)” wydanych przez Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami, opisano parametry niezbędne do charakteryzowania stopnia stabilizacji odpadów przed ich składowaniem. Metodę badania wskaźnika AT-4 zaczerpnięto z normy austriackiej [18, 24].

Opracowanie wspólnych metod oceny stopnia stabilizacji składowanych odpadów wydaje się bardzo korzystne dla wszystkich krajów członkowskich.

Literatura

- [1] Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV (2001). Einleitung zur Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety – WA II 5 – Ordinance on Environmentally Compatible Storage of Waste from Human Settlements, 20 February 2001.
- [2] Adani F., Lozzi P., Genevini P., *Determination of biological stability by oxygen uptake on municipal solid waste and derived products.*, „Compost Science and Utilization” 2001, Vol. 9, No. 2, s. 163–178.
- [3] Adani F., Tambone F., Gotti G., *Biostabilization of municipal solid waste*, „Waste Management” 2004, Vol. 24, s. 775–793.
- [4] Austrian Standards Institute, OENORM S2027-1, Stability parameters describing the biological reactivity of mechanically biologically pretreatment residual wastes – part 1: respiration activity (AT-4), 2004a.
- [5] Austrian Standards Institute, OENORM S2027-1, Stability parameters describing the biological reactivity of mechanically biologically pretreatment residual wastes – part 1: gas sum (GS21), 2004b.
- [6] Binner E., Lechner P., Widerin M., Zach A., 1997, [w:] Cossu R., Raga R., *Test methods for assessing the biological stability of biodegradable waste*, „Waste Management” 2008, Vol. 28, s. 381–388.
- [7] CEN, 2007, „Solid recovered fuels-determination of potential rate of microbial self heating using the real Dynamic Respiration Index”, przen./TC 15590.

- [8] Changa C.M., Wang P., Watson M.E., Hosting H.A.J., Michel Jr. F.C., *Assessment of the reliability of a commercial maturity test kit for composted manures*, „Kompost Science and Utilization” 2003, Vol. 11, No. 2, s. 125–143.
- [9] Cossu R., Raga R., *Test methods for assessing the biological stability of biodegradable waste*, „Waste Management” 2008, Vol. 28, s. 381–388.
- [10] European Landfill Directive, EC/99/31, Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste.
- [11] Fricke K., Santen H., Wallmann R., *Comparison of selected aerobic and anaerobic procedures for MSW treatment*, „Waste Management” 2005, Vol. 25, s. 799–810.
- [12] Gomez R.B., Lima F.V., Ferrer A.S., *The use of respiration indices In the composting process: a review*, „Waste Management Research” 2006, Vol. 24, No. 1, s. 37–47.
- [13] Hansen T.L., Schmidt J.E., Angelidaki I., Marca E., Jansenb J., Mosbaek H., Christensen T.H., *Method for determination of methane potentials of solid organic waste*, „Waste Management Research” 2004, Vol. 24, s. 393–400.
- [14] Iannotti D.A., Pang T., Totth B.I., Elwell D.I., Keener H.M., Hoitink H.A.J., *Quantitative respirometric method for monitoring compost stability*, „Compost Science and Utilization” 1993, Vol. 1, No. 3, s. 52–65.
- [15] Lornage R., Redon E., Lagier T., Hebe I., Carre J., *Performance of a low cost MBT prior to landfilling: study of the biological treatment of size reduced MSW without mechanical sorting*, „Waste Management” 2007, Vol. 27, s. 1755–1764.
- [16] Ponsa S., Gea T., Alerm L., Cerezo J., Sanchez A., *Comparison of a aerobic and anaerobic stability indices through a MSW biological treatment process*, „Waste Management” 2008, Vol. 28, No. 12, s. 2735–2743.
- [17] Redon E., Lornage R., Lagier T., Hebe I., 2005, [w:] Cossu R., Raga R., *Test methods for assessing the biological stability of biodegradable waste*, „Waste Management” 2008, Vol. 28, s. 381–388.
- [18] Richtlinie für die MBA (2002) BMLFUW Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen, EU-Notice number 2001/423/A, Vienna 2002.
- [19] Robinson H.D., Knox K., Bone B.D., Picken A., *Leachate quality from landfilled MBT waste*, „Waste Management” 2005, Vol. 25, s. 383–391.
- [20] Scaglia B., Tambone F., Genevini P.L., Adani F., *Respiration index determination: dynamic and static approaches*, „Compost Science and Utilization” 2000, Vol. 8, No. 2, s. 90–98.
- [21] Tintner J., Smidt E., Bohm K., Binner E., *Investigation of biological process in Austrian MBT plants*, „Waste Management” 2010, Vol. 30, s. 1903–1907.
- [22] UNI, Italian Organization for Standardization, Potential dynamic respiration index (PDRI) determined using method UNI/TS 11184:2006, 2006.
- [23] Wagland S.T., Tyrrel S.F., Godle A.R., Smith R., *Test methods to aid in the evaluation of the diversion of biodegradable municipal waste (BMW) from landfill*, „Waste Management” 2009, Vol. 29, s. 1218–1226.
- [24] Wytuczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (według stanu prawnego na dzień 15 grudnia 2008 r.), Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami, Warszawa 2008.

MARTA BOŻYM

USING OF TEST METHODS TO ASSESSING STABILIZATION LEVEL
OF WASTES

Many tests can be used for assessing the biological stability level of waste before landfilling. Usually aerobic or anaerobic methods are using to measured of gas uptake or production in the waste samples. Several test methods to assessed treatment process level of wastes before landfilling in this review was described.