***dr inż. Andrzej Skalmowski***

***askalm@poczta.onet.pl***

***Poprawa efektywności gospodarowania odpadami w gminach w oparciu o wyniki badań struktury i właściwości odpadów komunalnych***

Jednym z zadań zaplanowanych w ramach projektu "Razem dla ekologii" realizowanego z środków Pomocy Technicznej w ramach Konkursu "Dotacji dla jednostek samorządu terytorialnego oraz zrzeszeń jednostek samorządu terytorialnego na działania wspierające podnoszenie dostępności i jakości usług publicznych" jest badanie ilościowe uwzględniającego liczbę i strukturę mieszkańców, deklaracje segregacji odpadów, zróżnicowanie systemów segregacji, oraz sposobów naliczania opłat w gminach objętych projektem. Badanie ilościowe ma polegać na zweryfikowaniu morfologii odpadów i ilości odpadów w poszczególnych gminach.

Celem ekspertyzy jest pozyskanie danych i informacji niezbędnych do określenia kryteriów dla spójnego modelu świadczenia usług komunalnych wysokiej jakości oraz opracowanie projektu tzw. minimalnego zakresu informacji niezbędnych dla projektowania systemu gospodarowania odpadami w gminach (na podstawie przeprowadzonych badań powstanie metodologia pozyskiwania minimalnego zakresu informacji, która pozwoli gminom borykającym się z deficytem danych na samodzielne ich pozyskiwanie).

Należy podkreślić, że programowane badania odpadów mają inny cel niż prowadzone dotychczas w kraju prace. We wcześniej prowadzonych praca pragmatycznym celem badań zwykle było pozyskanie informacji o właściwościach technologicznych odpadów traktowanych jako surowiec do dalszego zagospodarowania. Na tej podstawie precyzowana była technologia zagospodarowania odpadów oraz rozwiązania dotyczące ich gromadzenia i zbiórki. Ponadto brak jest w literaturze fachowej dostatecznej ilości analiz właściwości technologicznych odpadów pochodzących z terenów wiejskich. Z dostępnych fragmentarycznych informacji można wywnioskować, że wraz z rozwojem dostępności usług komunalnych odpady te tracą swój poprzedni charakter (związany ze zwyczajowym sposobem postępowania z nimi) i upodabniają się do odpadów ze środowisk miejskich.

Zgodnie z przyjętymi założeniami programowane badanie ma odbywać się poprzez: pomiar ilości odpadów na poszczególnych posesjach, wybranych zgodnie z założoną wcześniej metodologią wyboru próby; ważenie każdorazowo odbieranych odpadów; przypisywanie ilości odpadów do konkretnego klienta. W ten sposób planowane jest osiągnięcie pełnego monitorowania ilości odpadów komunalnych w miejscu ich powstawania, z podziałem na rodzaj i w podziale na pory roku. Na tej podstawie oszacowana ma być liczba i rodzaj niezbędnych pojemników na odpady, a także zweryfikowane deklaracje właścicieli posesji o selektywnej zbiórce (czy faktycznie segregują odpady, czy nie i co oddają). Celem badania ma być także pozyskanie części informacji i danych, które pozwolą na opracowanie kryteriów różnicujących zarówno opłaty za usługi, jak również pozwalające zaplanować logistykę wywozu i metodologię segregacji oraz opracować złożenia do wyboru podwykonawców świadczących usługi wysokiej jakości.

Opracowanie metodologii badania ilościowego ma uwzględniać liczbę i strukturę mieszkańców, deklaracje segregacji odpadów, zróżnicowanie systemów segregacji, oraz sposoby naliczania opłat w gminach objętych projektem. Założenia określone w dokumentacji projektowej (zestawione powyżej) wyznaczają dosyć szeroki zakres badań. Wynika to mianowicie z charakterystyki gmin objętych projektem, są to: trzy typowe gminy wiejskie, gmina miejsko-wiejska i gmina wiejska podmiejska.

Planowane badania pozwolą na:

• oszacowanie wskaźnika nagromadzenia odpadów w różnych środowiskach oraz ich skład morfologiczny (dotyczy łącznej masy odpadów oraz frakcji zbieranych w sposób selektywny)

• wstępną ocenę efektywności segregacji „u źródła”,

• analizę ilości i składu odpadów zmieszanych w kontekście ich właściwości i oceny możliwości wydzielenia z nich jeszcze surowców wtórnych i zmniejszenia wielkości strumienia odpadów zmieszanych, które są najmniej pożądane ze względu na koszty gospodarowania nimi.

**WŁAŚCIWOŚCI TECHNOLOGICZNE ODPADÓW KOMUNALNYCH WARSZAWY**

# Wstęp

Według obowiązującej obecnie definicji odpadami komunalnymi nazywa się odpady powstające w gospodarstwach domowych, a także odpady niezawierające odpadów niebezpiecznych pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych.

Pierwsze w cyklu rocznym badania w Warszawie przeprowadzone zostały 1960/61 i od tego czasu już wielokrotnie były powtarzane (1968, 1972/73, 1979/80,1982/83). Od 1987/88 do obecnej chwili prowadzony jest monitoring odpadów komunalnych w trzech typowych dla miasta środowiskach (Mokotów, Żoliborz oraz Praga-Północ). Okresowo monitoringiem obejmowane są również dalsze środowiska i tak w 1996/97 oraz w 2001/2002 monitoringiem objęte zostały poza wymienionymi również Śródmieście, Wola, Ochota i Falenica. Zmieniły się kilka razy trasy pomiarowe, ale charakter środowisk został utrzymany.

Informacje uzyskane w wyniku badań monitoringowych pozwalają na kształtowanie na bieżąco gospodarki odpadami komunalnymi na terenie miasta, śledzenie trendów zachodzących zmian, a także umożliwiają opracowywanie prognoz zmian właściwości technologicznych odpadów w celu prawidłowego kształtowania gospodarki odpadami w przyszłości.

Badania prowadzone są wspólnie przez Instytut Systemów Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej oraz Miejskie Laboratorium Chemiczne przy Urzędzie Miasta Stołecznego Warszawy.

Prowadzone przez obydwa Zespoły badania odpadów komunalnych również w innych miastach Polski pozwalają na uogólnienia i wykorzystywania wyników przy programowaniu gospodarowania odpadami komunalnymi w Kraju.

W okresie lat 1980-tych opracowano cały pakiet norm państwowych i branżowych wykorzystywanych w praktyce.

# Celem monitorowania odpadów komunalnych jest:

* Określanie aktualnych właściwości technologicznych odpadów komunalnych w Warszawie dla potrzeb gospodarki odpadami w mieście i śledzenie zachodzących zmian.
* Określanie trendów zmian nagromadzenia i składu odpadów oraz ich właściwości paliwowych i nawozowych.
* Opracowywanie prognoz zmian właściwości technologicznych dla potrzeb programowania gospodarki odpadami.

Badania prowadzone w ramach monitoringu odpadów w Warszawie uzupełniane wynikami badań w innych miastach Polski stanowią wartościowy materiał informacyjny dotyczący właściwości technologicznych odpadów komunalnych. Stanowią również podstawę dla oceny trendów zmian, jakim ulegają właściwości technologiczne odpadów w innych miastach polski.

**3. Zakres badań**

Monitoring obejmuje cztery grupy wskaźników :

* **Wskaźniki nagromadzenia odpadów w kg /M rok oraz w m3/M rok**
* **Wskaźniki właściwości fizycznych: gęstość (ciężar objętościowy), podział frakcyjny i morfologia.**
* **Wskaźniki właściwości paliwowych odpadów: wilgotność, części palne i niepalne, części lotne, ciepło spalania i wartość opałowa, skład elementarny części palnych oraz składniki agresywne.**
* **Wskaźniki właściwości nawozowych: substancja organiczne, węgiel organiczny, NPK oraz okresowo metale ciężkie.**

W niniejszym referacie zamieszczone zostały wyniki rocznych cykli badań obejmujących trasy pomiarowe w typowych dla Warszawy środowiskach: Mokotów-Usynów, Żoliborz oraz Pragę Północ.

# Charakterystyka środowisk wytypowanych do badań monitoringowych

Można wyróżnić trzy podstawowe środowiska, z których odpady komunalne będą różniły się nie tylko w Warszawie, ale także w innych miastach Polski. Są to:

* Tereny śródmiejskie o znacznym nasyceniu obiektami administracyjnymi, handlowymi itp., a także trasy wylotowe gdzie zlokalizowane są w większości miast magazyny oraz różnego rodzaju warsztaty. Tereny z zabudową mieszkalną wielokondygnacyjną oraz podstawowymi obiektami przeznaczonymi do obsługi mieszkańców.
* Tereny o zabudowie jednorodzinnej oraz podstawowymi obiektami przeznaczonymi do obsługi mieszkańców.
* Te trzy rodzaje środowisk składają się na obraz miasta. Proporcje tych środowisk rzutują na obraz miasta jako wytwórcy odpadów komunalnych. Warto również podkreślić, że średnie ważone w poszczególnych miastach Polski tylko nieznacznie różnią się od siebie.

# Metodyka badań

Podstawową ideą monitoringu odpadów jest prowadzenie badań wg tych samych metod, chociaż technika badań stale się aktualizuje i unowocześnia Jak zaznaczono badania prowadzone są wg metodyki objętej starymi normami.

* BN-87/9103-03 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Pobieranie przechowywanie i przesyłanie oraz wstępne przygotowanie próbek odpadów do badań ;
* BN-87/9103-04 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Metody oznaczania wskaźników nagromadzenia ;
* PN-93/Z-15006 Odpady komunalne stałe. Oznaczanie składu morfologicznego;
* BN-88/9103-07 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Oznaczanie zawartości substancji organicznych w kompoście z odpadów miejskich ;
* PN-91/Z-15005Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Oznaczanie zawartości węgla organicznego w kompoście z odpadów miejskich ;
* BN-90/9103-10 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Oznaczanie zawartości azotu w kompoście z odpadów miejskich ;
* BN-88/9103-06/02 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Badania zawartości fosforu w kompoście z odpadów miejskich. Oznaczanie fosforu metodą miareczkową ;
* BN-88/9103-OS/02 Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Badania zawartości potasu w kompoście z odpadów miejskich. Oznaczanie potasu metodą miareczkową ;
* PN-93/Z-15008/02 Odpady komunalne stałe. Badania właściwości paliwowych. Oznaczanie wilgotności całkowitej
* PN-93/Z-15008/03 Odpady komunalne stałe. Badania właściwości paliwowych. Oznaczanie zawartości części palnych i niepalnych ;
* PN-93/Z-15008/04 Odpady komunalne stałe. Badania właściwości paliwowych. Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej ;
* PN-93/Z-15008/OS Odpady komunalne stałe. Badania właściwości paliwowych. Oznaczanie zawartości węgla i wodoru ;
* PN-93/Z-15008/06 Odpady komunalne stałe. Badania właściwości paliwowych. Oznaczanie zwartości składników agresywnych.

Pozostałe wskaźniki, dla których brak norm wykonywane są wg metodyki opracowanej przez Zespół. zamieszczone w skrypcie pt. „Badania właściwości technologicznych odpadów komunalnych” [1]

# Wyniki badań.

Wyniki badań zostały zestawione w formie tabelarycznej dotyczą ostatniego cyklu rocznych badań wykonanych w 2004/2005 r Na zamieszczonych wykresach wyniki dotyczą ostatniego 15-lecia tj. 1990 - 2005. W niniejszym artykule zamieszczono jedynie, średnie arytmetyczne z rocznych cykli badań poszczególnych wskaźników w monitorowanych środowiskach.

## Wskaźniki nagromadzenia oraz ciężar objętościowy (gęstość).

Badania zamieszczonych w tabeli 1 prowadzone są w terenie na wyznaczonych trasach pomiarowych reprezentujących poszczególne środowiska Określany jest stan napełnienia pojemników, następnie samochód zbierający odpady jest ważony na wadze samochodowej, oznaczana jest masa samochodu pustego i na tej podstawie obliczane są poszczególne wskaźniki.

**Tabela nr 1**

**Zestawienie wskaźników nagromadzenie oraz gęstości odpadów komunalnych w Warszawie w roczny cykl badań 2003/2004**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Wskaźnik** | **Jednostka** | **Roczny cykl badań 2003/2004** | | | |
| **Mokotów –Ursynów** | **Żoliborz** | **Praga-Północ** | **Średnia** |
| 1. | Wskaźnik nagromadzenia objętościowy | m3/M. rok | 2,27 | 3,54 | 2,36 | **2,72** |
| 2. | Wskaźnik nagromadzenia wagowy | kg /M. rok | 226,3 | 305,4 | 271,0 | **267,6** |
| 3. | Ciężar objętościowy (gęstość) | kg/m3 | 99,7 | 86,36 | 114,8 | **100,3** |



Wskaźniki te pozwalają na określenie ilości powstających w Warszawie odpadów (objętości i masy) oraz ich gęstości. Jak podano w tabeli, jeden statystyczny mieszkaniec miasta wytwarza rocznie: objętościowo 2,72 m3, wagowo 267,6 kg odpadów W stosunku do poprzednich cykli badań można zaobserwować następujące prawidłowości: od pięciu lat wskaźnik objętościowy nagromadzenia wolno wzrasta natomiast wskaźnik wagowy po szybkim wzroście w cyklu 1996/97 do poziomu 302,7 kg/M rok, w roku 1999/2000 gwałtownie zmniejszył się do poziomu 257,5 kg/M i utrzymuje się na poziomie 250-270 kg/M rok Można, zatem prognozować, że jego wartość będzie oscylowała w granicach 300 kg/M r. Podobne ilości wytwarzane odpadów są w innych miastach w Polsce.

Gęstość odpadów w monitorowanych środowiskach systematyczni spada i wynosi obecnie 100,3 kg/m3. Jak wynika z trendu zmian gęstości odpadów będzie nadal systematycznie malała i w najbliższym czasie osiągnie wartość po niżej 100 kg/m3. Warto tu podkreślić różnice, jakie występują w nagromadzeniu odpadów, a także innych właściwościach technologicznych odpadów komunalnych w poszczególnych monitorowanych środowiskach. Obrazuje to cytowana tabela. Pozwala ona na stwierdzenie, że miasto nie jest jednorodnym organizmem pod względem ilości i jakości wytwarzanych odpadów.

Przyrost nagromadzenia w ostatnich trzech latach wynikł z zmian demograficznych ilości mieszkańców oraz zmian wskaźników nagromadzenia i wynosił jak wskazuje zamieszczona niżej tabela.

**Nagromadzenie odpadów komunalnych w m. st. Warszawie**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cykl badań** | **Gmina/dzielnica** | **Ludność** | **Nagromadzenie w tys. ton** | **Nagromadzenie w tys. m3** |
| 2001 | Warszawa | 1 610 047 | 421,99 | 37 031,08 |
| 2002 | Warszawa | 1 688 194 | 438,93 | 40 347,84 |
| 2003 | Warszawa | 1 689 559 | 432,02 | 42 070,02 |
| 2004 | Warszawa | 1 692 854 | 453,20 | 46 045,63 |
| 2005 | Warszawa | 1 694 825 | 464,35 | 47 065,29 |

Średnie tempo wzrostu wskaźnika objętościowego w ciągu 14 lat wyniosło 0,11 m3/M rok natomiast wskaźnika wagowego 5,49 kg/M rok.

Należy podkreślić, że trendy zmian wskaźników objętościowego i gęstości są wyraźnie zaznaczone natomiast wskaźnik wagowy wahał się i dopiero od 1999/2000 wykazuje porównywalne wartości.

## Podział frakcyjny (analiza sitowa).

Próba średnia odpadów przesiewana jest przez sita techniczne o oczkach średnicy 10/10; 40/40 oraz 100/100 mm powstają w ten sposób cztery frakcje 0-10, 10-40, 40-100 i powyżej 100 mm Każda frakcja jest zbierana do pojemnika i ważona na wadze technicznej.

#### Tabela Nr 2

**Zestawienie podziału frakcyjnego odpadów komunalnych Warszawy - MONITORING cykl roczny 2003/2004**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Wskaźnik** | **Jednostka** | **Cykl badań 2003/2004** | | | |
| **Mokotów -Ursynów** | **Żoliborz** | **Praga Północ** | **Średnia** |
| 1. | Frakcja 0-10 mm | % | 5,4 | 6,3 | 5,1 | **5,6** |
| 2. | Frakcja 10-40 mm | % | 19,8 | 19,1 | 16,7 | **18,5** |
| 3. | Frakcja 40-100mm | % | 30,4 | 28,1 | 30,2 | **29,6** |
| 4. | Frakcja >100 mm | % | 44,4 | 46,5 | 48,0 | **46,3** |



Jak wynika z wykresu 2 wzrasta zawartość frakcji po wyżej 100 mm a zmniejsza się zawartość frakcji drobnej 0-10 mm. W okresie ostatnich 14 lat zawartość frakcji drobnej zmniejszyła się 14,1 do 5,6% surowych odpadów, co wyniosło średnio 0,6% rocznie. Natomiast tempo przyrostu frakcji po wyżej 100 mm wyniosło, w tym samym okresie czasu 1,03%.Wskazuje to, że strumień zmieszanych odpadów komunalne może być sortowany i taki jest trend zachodzących zmian w zakresie gospodarowania odpadami. Zmniejsza się równocześnie zawartość frakcji drobnej 0-10 mm, w której znajduje się większość metal ciężkich oraz innych niebezpiecznych składników jak np. WWA, PCB i wiele innych.

## Skład morfologiczny odpadów

Z próby średniej laboratoryjnej odważa się na wadze technicznej 5 kg oddziela się frakcję drobną przesiewając przez sito o oczkach 10 mm i ręcznie wydziela się dalej poszczególne składniki. Taki skład grupowy w Polsce jest całkowicie wystarczający i daje pełny obraz składu odpadów.

**Wyniki badań składu morfologicznego odpadów - MONITORING**

**cykl roczny 2003/2004**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Symbol frakcji lub składnika** | **Nazwa frakcji lub składnika** | **Wyniki badań w cyklu rocznym 2003/2004** | | | |
| **Mokotów-**  **Ursynów** | **Żoliborz** | **Praga-Północ** | **Średnia** |
| I | Odpady frakcji o wielkości cząstek poniżej 10 mm | 5,9 | 6,8 | 4,9 | **5,9** |
| 1. | Odpady spożywcze pochodzenia roślinnego | 31,4 | 29,9 | 35,0 | **32,2** |
| 2. | Odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego | 2,8 | 3,1 | 2,5 | **2,8** |
| 3. | Odpady papieru i tektury | 15,8 | 20,5 | 18,9 | **18,4** |
| 4. | Odpady tworzyw sztucznych | 17,0 | 16,4 | 16,2 | **16,5** |
| 5. | Odpady materiałów tekstylnych | 1,2 | 2,1 | 3,3 | **2,2** |
| 6. | Odpady szkła | 12,2 | 11,9 | 9,9 | **11,3** |
| 7. | Odpady metali | 3,3 | 3,1 | 2,6 | **3,0** |
| 8. | Odpady organiczne pozostałe | 3,3 | 3,3 | 3,4 | **3,3** |
| 9. | Odpady mineralne pozostałe | 7,1 | 2,9 | 3,3 | **4,4** |



Ze składu morfologicznego wybrano jedynie te składniki, których zawartość w surowych odpadach komunalnych wykazuje lub nie wykazuje zmian w czasie. Największym zmianom ulegała zawartość tworzyw sztucznych. W okresie ostatnich 14 lat zawartość tworzyw wzrosła z 7,2 do 16,5 a to głównie za sprawą opakowań po napojach wykonywanych z tworzywa PET (politereftalanu etylenowego). Tempo wzrostu wyniosło 0,66% rocznie. Pozostałe składniki odpadów warszawskich utrzymywały się na stałym poziomie i nie wykazywały wyraźnego trendu zmian. Na stałym wysokim poziomie utrzymują się dpady spożywcze pochodzenia roślinnego, których zawartość waha się w granicach 30-35 % surowych odpadów. Stanowi to materiał przeznaczony do kompostowania. Wspólnie z miękkim papierem oraz odpadami zwierzęcymi i pozostałymi organicznymi daje to ca 40% biomasy wydzielanej w wyniku wstępnej obróbki, która poddawana jest następnie kompostowaniu. Od wielu lat na stałym poziomie utrzymują się takie składniki odpadów jak: metale (2-3,5%) w tym ca 75 % stanowi żelazo), odpady materiałów tekstylnych (1,5-3,0, a nawet odpady szkła (11-14%).

## Właściwości paliwowe

Oznaczanie właściwości paliwowych odpadów wykonuje się z wysuszonej i rozdrobnionej próby. W tym celu próbę suszy się oznaczając równocześnie jej wilgotność następnie rozdrabnia, pakuje do szczelnych opakowań i przekazuje się do laboratorium. Z próbki tej wykonuje się oznaczenia zamieszczone w tabeli 4. Oznaczenia te są wystarczające do wykonania podstawowych obliczeń technologicznych przy projektowaniu termicznego przekształcania odpadów.

**Tabela Nr 4**

**Właściwości paliwowe odpadów komunalnych Warszawa - MONITORING roczne cykle badań 2000-2003**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Wskaźniki** | **Jednostka** | **Średnie z rocznych cykli badań** | | | |
| **1999/00** | **2000/01** | **2001/02** | **2002/03** |
| 1. | Zawartość wilgoci | % | **45,3** | **48,3** | **44,7** | **46,4** |
| 2. | Zawartość składników palnych | % | **27,4** | **25,7** | **28,9** | **27,0** |
| 3. | Zawartość składników niepalnych | % | **27,3** | **26,0** | **26,4** | **26,6** |
| 4. | Zawartość składników lotnych | % cz. palnych | **82,7** | **81,7** | **81,1** | **85,6** |
| 5. | Ciepło spalania | kJ/kg s.m. | **10 914** | **11400** | **12072** | **12196** |
| 6. | Wartość opałowa robocza | kJ/kg | **4 208** | **3892** | **4589** | **4458** |
| 7. | **SKŁADNIKI AGRESYWNE** | | | | | |
| 7.1. | SO2 | mg/kg s.m. | **2127** | **2398** | **2651** | **2398** |
| 7.2 | HCl | mg/kg s.m. | **1689** | **1739** | **1992** | **1739** |
| 7.3 | N02 | mg/kg s.m. | **1862** | **4912** | **4441** | **4912** |
| 8. | **SKŁAD ELEMENTARNY CZĘŚCI PALNYCH** | | | | | |
| 8.1. | C | % cz. palnych. | **51,89** | **50,45** | **49,73** | **50,45** |
| 8.2. | H | % cz. palnych. | **7,37** | **7,19** | **7,37** | **7,19** |
| 8.3. | S | % cz. palnych | **0,22** | **0,30** | **0,26** | **0,30** |
| 8.4. | N | % cz. palnych | **0,11** | **0,23** | **0,23** | **0,23** |
| 8.5. | Cl | % cz. palnych | **0,30** | **0,24** | **0,36** | **0,24** |
| 8.6. | O | % cz. palnych | **40,11** | **41,59** | **42,05** | **41,59** |



Na zamieszczonym wykresie znajdują się jedynie trzy wartości tj. ciepło spalania i wartość opałowa robocza oraz wilgotność. Przez ostatnie 13 lat ciepło spalania wzrastało średnio o 353 kJ/kg s.m./rok Krzywa wykazuje wyraźny trend. Podobne prawidłowości występują w krzywej wartości opałowej roboczej. Wskazuje to na stosunkowo dobre właściwości paliwowe odpadów komunalnych Warszawy i termicznego przekształcania tych odpadów. Warto tu dodać, że miasto Warszawa ma już spalarnię odpadów komunalnych oddaną do eksploatacji w 2001 r. Spalanie jest jednak dość kosztowne metodą tak pod względem inwestycyjnym jak również eksploatacyjnym i konieczne jest dopłacanie do eksploatacji z budżetu miasta.

## Właściwości nawozowe

Badanie właściwości nawozowych wykonywane jest z tych samych próbek, jakie są przygotowywane do oznaczania właściwości paliwowych. Jak wynika z prowadzony badań monitoringu zestawionych w tabeli 5 oraz z wykresów 5 i 6 ogólna zawartość substancji organicznych a także węgla organicznego systematycznie wzrasta i osiągnęła wartość zapewniającą uzyskanie dobrej jakości kompostu. Równocześnie zmniejsza się zawartość NPK składników potrzebnych przy samym procesie biochemicznym, jakim jest kompostowanie. Nie stanowi to jednak zagrożenia dla procesu kompostowania. W Warszawie są już dwie kompostownie odpadów opisywane szerzej m innymi w ECO-PROBLEMACH. Kompostownie te przechodziły różne fazy obecni jedynym zagrożeniem dla otrzymywanych ze strumienia odpadów jest wysoka zawartość szkła i ceramiki przekraczająca dopuszczalne wartości.

**Tabela Nr 5**

**Właściwości nawozowych odpadów komunalnych Warszawa - MONITORING**

**cykl 1999-2003**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Wskaźnik** | **Jednostka** | **Średnie z rocznych cykli badań** | | | |
| **1999/00** | **2000/01** | **2001/02** | **2002/03** |
| 1. | Substancje organiczne | % s.m. | **50,0** | **51,0** | **53,5** | **51,5** |
| 2. | Węgiel organiczny | %C s.m. | **23,2** | **21,9** | **23,4** | **23,0** |
| 3. | Azot organiczny | %N s.m. | **0,80** | **0,73** | **0,78** | **0,84** |
| 4. | Fosfor | % P2O5 s.m. | **0,61** | **0,69** | **0,59** | **0,64** |
| 5. | Potas | %K2O s.m. | **0,22** | **0,17** | **0,16** | **0,12** |



# Właściwości technologiczne odpadów komunalnych w innych miastach Polski

Dla porównania zamieszczone zostały wyniki badań technologicznych odpadów komunalnych prowadzone w wybranych miastach Polski w okresie ostatnich 10 lat.

Cytowane wyniki nie różnią się wiele od wyników badań prowadzonych w tych samych latach w Warszawie.

**Przykłady właściwości technologicznych odpadów w miastach Polski**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lp.** | **Wskaźnik** | **Warszawa 2001/02** | **Łódź 1999/2000\*** | **Słupsk 1996/97** | **Kraków\* 1994/95** |
| 1. | Objętościowy wskaźnik nagromadzenia  [m3/M rok} | 2,39 | 1,82 | 2,37 | 1,42 |
| 2. | Wagowy wskaźnik nagromadzenia  [kg /M rok] | 260,0 | 270,0 | 558 | 207 |
| 3. | Ciężar objętościowy  [kg/m3] | 110,7 | 148,1 | 184 | 144 |
| **Skład morfologiczny [% wag]** | | | | | |
| 4. | Odpady frakcji o wielkości cząstek poniżej 10 mm | 8,0 | 11,7 | 7,8 | 8,5 |
| 5. | Odpady spożywcze pochodzenia roślinnego | 31,0 | 29,9 | 36,1 | 31,4 |
| 6. | Odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego | 2,5 | 3,2 | 1,2 |
| 7 | Odpady papieru i tektury | 19,2 | 20,1 | 14,3 | 19,7 |
| 8. | Odpady tworzyw sztucznych | 14,5 | 13,9 | 14,5 | 13,8 |
| 9. | Odpady materiałów tekstylnych | 2,1 | 4,0 | 3,5 | 5,8 |
| 10. | Odpady szkła | 11,4 | 16,2 | 8,7 | 7,6 |
| 11. | Odpady metali | 3,7 | 4,2 | 2,6 | 3,1 |
| 12. | Odpady organiczne pozostałe | 3,5 | Razem z 5, 6 | 4,8 | 3,6 |
| 13. | Odpady mineralne pozostałe | 4,1 | Razem z 4 | 4,5 | 5,4 |
| **Właściwości nawozowe** | | | | | |
| 14. | Substancje organiczne  [% s. m.] | 53,5 | 54,9 | 59,6 | 59,8 |
| 15. | Węgiel organiczny  [% s. m.] | 23,4 | 18,5 | 27,3 | 26,5 |
| 16. | Azot organiczny [% s. m.] | 0,78 | 0,34 | 1,09 | 0,97 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Właściwości paliwowe** | | | | | |
| 17 | Zawartość wilgoci [%] | 44,7 | 39,2 | 54,1 | 47,2 |
| 18 | Zawartość składników palnych [%] | 28,9 | 33,7 | 27,6 | 31,7 |
| 19 | Zawartość składników niepalnych [%] | 26,4 | 27,1 | 18,3 | 21,1 |
| 20 | Ciepło spalania [kJ/kg s.m.] | 12072 | 9757 | 12903 | 13690 |
| 21 | Wartość opałowa robocza [kJ/kg] | 4589 | 3701 | 3671 | 5320 |

\*) według badań Instytutu Systemów Inżynierii Środowiska PW (K. Skalmowski i współ.)

\*) według badań Instytutu Ekologii Terenów Uprzemysłowionych w Katowicach

\*) według badań prowadzonych przez OBREM w latach 1999/2000 w pełnych cyklach.

Cytowane wyniki nie wiele różnią się od wyników badań prowadzonych w tych samych latach w Warszawie.

# Podsumowanie

W niniejszym artykule staraliśmy się zwrócić uwagę na problemy związane z właściwościami technologicznymi odpadów komunalnych i ich znaczenie dla prawidłowego nimi gospodarowania

* Przede wszystkim wzrastają wolniej niż zakładano wskaźniki nagromadzenia, co jest korzystne dla środowiska. Jak wykazują pomiary w terenie oraz opracowane prognozy do 2010 roku wskaźniki nagromadzenia zarówno objętościowy jak również wagowy będą w najbliższych latach tylko w niewielkim stopniu ulegały wzrostowi.
* Zmniejszeniu ulega gęstość (ciężar objętościowy). W związku z tym konieczne jest intensywne zagęszczanie odpadów w nadwoziach samochodów, przynajmniej 3 - 5 krotnego. Stosowane obecnie systemy transportu odpadów w tym szczególnie w kontenerach przykrytych siatką nie będą mogły być stosowane i dla poprawy ekonomiki transportu będzie musiał być wycofywany z eksploatacji.
* Skład morfologiczny odpadów wskazuje, że aktualna będzie metoda dwupojemnikowa dzielenie na mokre i suche.
* Mokre to odpady spożywcze roślinne i zwierzęce, miękki papier, pozostałe organiczne oraz drobna frakcja (0-10 mm),uzupełnione odpadami z pielęgnacji zieleni, mogą być przetwarzane na kompost.
* Odpady suche powinny być transportowane do sortowni i tam wydzielane: tektura i papier, tworzywa sztuczne oraz szkło. Można również przy zastosowaniu elektromagnesu wydzielać ferromagnetyki.
* W przypadku transportowania całego strumienia odpadów celowe jest zastosowanie rozdrabniarek typu bębnowego dla rozdzielenia biomasy od balastu. Balast będzie miał wysoką wartość opałową będzie można spalać w różnego typu paleniskach tym bardziej, że wartość opałowa surowych odpadów wzrasta i niedługo osiągnie 6000 kJ/kg, co zapewni autotermiczność spalani nawet całego strumienia odpadów.
* Podobne prawidłowości obserwuje się również w innych większych miastach Polski.