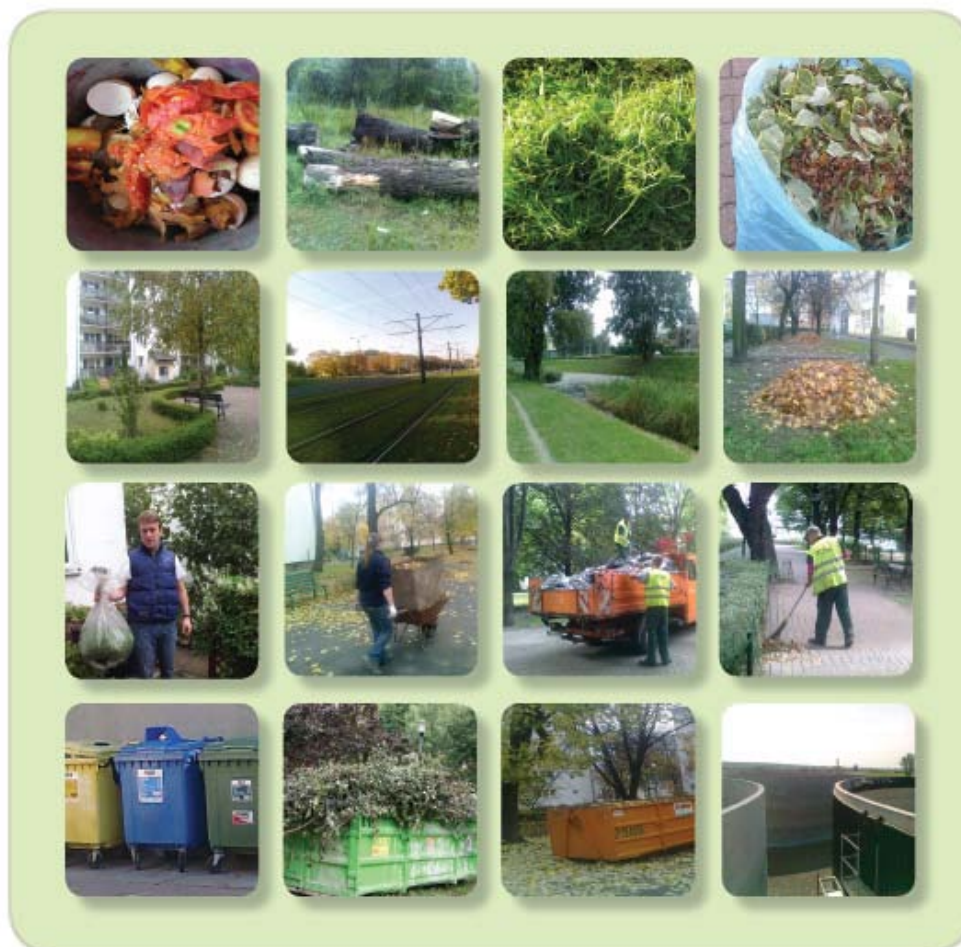




RECYKLING ORGANICZNY I ODZYSK ENERGII Z SEGREGOWANYCH U ŹRÓDŁA

BIOODPADÓW POCHODZENIA KOMUNALNEGO

PRZEWODNIK PRZEDSIĘBIORCY:



SYSTEMY ZBIÓRKI, MAGAZYNOWANIA I LOGISTYKI ODBIORU

Opracowanie: mgr inż. Anna Oniszk-Popławska

Współpraca: dr Ewa Krasuska

Warszawa, październik 2013 r.

PODZIĘKOWANIE

Niniejsze opracowanie powstało w ramach projektu „Naukowcy dla gospodarki Mazowsza” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Autorki pragną złożyć szczególne podziękowania za życzliwą konsultację podczas zbierania informacji oraz pisania niniejszej pracy następującym osobom:

- dr Ewie Kochańskiej z Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia za zachętę, wyznaczenie kierunków i opiekę merytoryczną podczas trwania projektu,
- dr Emilii den Boer z Politechniki Wrocławskiej, dr Krystynie Lelicińskiej-Serafin z Politechniki Warszawskiej za konsultacje merytoryczne w zakresie gospodarki odpadami,
- profesor dr hab. arch. Elżbiecie D. Ryńskiej za konsultacje merytoryczne w zakresie branży architektoniczno-budowlanej;

oraz firmom Ekopark, AG-Complex, Zieleń i Ty oraz Green Energy za konsultacje merytoryczne rozwiązań skierowanych do małych i średnich przedsiębiorstw związanych z gospodarką odpadami oraz firmie Studio KA w zakresie konsultacji urbanistycznych.

Warszawa, październik 2013

mgr inż. Anna Oniszk-Popławska

dr Ewa Krasuska

Przewodnik jest jednym z serii dokumentów opracowanych w ramach rozwiązania innowacyjnego. **„Recykling organiczny i odzysk energii z selektywnie zbieranych bioodpadów pochodzenia komunalnego”**. Pozostałe części dotyczą zagadnień prawnych, technologicznych. Integralną częścią rozwiązania innowacyjnego jest także kalkulator zasobowo-energetyczny oraz dwa *modele biznesowe* adresowane do przedsiębiorców.

SPIS TREŚCI

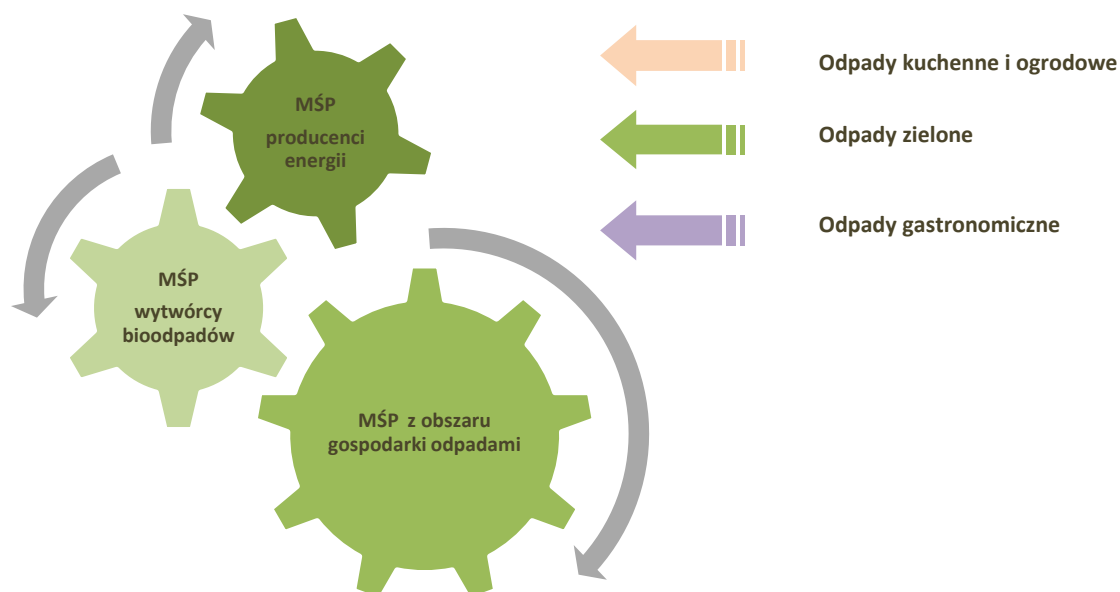
1. Wstęp	4
2. Wybrane definicje	7
3. ANALIZA ZASOBOWA MOŻLIWOŚCI SELEKTYWNEGO ZBIERANIA BIOODPADÓW POCHODZENIA KOMUNALNEGO	12
3.1. Odpady kuchenne i ogrodowe z terenów zamieszkałych	12
3.2. Odpady gastronomiczne.....	16
3.3. Odpady z terenów konserwacji zieleni (odpady zielone).....	19
4. SYSTEMY ZBIÓRKI I GROMADZENIA SELEKTYWNIE ZBIERANYCH ODPADÓW KUCHENNYCH, GASTRONOMICZNYCH I OGRODOWYCH.....	27
4.1. Systemy selektywnego zbierania w gospodarstwie domowym	27
4.2. Systemy zbiórki z terenów zamieszkałych.....	28
4.3. Systemy zbiórki z szambem osiedlowym	30
4.4. Systemy zbiórki podziemnej.....	32
4.5. Pneumatyczne systemy zbiórki	34
5. OPTYMALIZACJA	38

1. Wstęp

Dr Ewa Krasuska i mgr inż. Anna Oniszk-Popławska, autorki wspólnego rozwiązania innowacyjnego **„Recykling organiczny i odzysk energii dla segregowanych u źródła bioodpadów pochodzenia komunalnego”**, zaproponowały nowy standard usługowy oparty na łańcuchu powiązań kooperacyjnych, w celu wytworzenia nowych produktów i usług dla małych i średnich przedsiębiorstw w obszarze gospodarki odpadami i produkcji zielonej energii.

W analizie zasobowej ograniczono się do selektywnie zbieranych bioodpadów pochodzenia komunalnego tj. odpadów zielonych, odpadów kuchennych i ogrodowych oraz odpadów gastronomicznych. Odzysk ww. bioodpadów w procesie recyklingu organicznego (tj. produkcja materiału o przydatności nawozowej) w połączeniu z odzyskiem energii jest w Polsce zagadnieniem nowym. Dotychczas recykling rozumiany był głównie jako odzysk materiałowy tworzyw sztucznych, papieru, metali i szkła. Natomiast produkcja energii odnawialnej z biomasy rozważana była raczej w kontekście substratów lub odpadów pochodzenia rolniczego czy z przemysłu rolno-spożywczego. Tymczasem konieczność spełnienia wymogów Unii Europejskiej, zarówno w obszarze gospodarki odpadami (stopniowe ograniczanie możliwości składowania odpadów komunalnych ulegających biodegradacji na składowiskach), jak i w obszarze energetyki odnawialnej (wyznaczone cele ilościowe na rok 2020) stanowią szansę na stworzenie nowych możliwości biznesowych dla małych i średnich przedsiębiorstw.






Prezentowany łańcuch kooperacyjny ma charakter kompleksowy. Ogniwem początkowym, obok gospodarstw domowych, są firmy będące źródłem bioodpadów, np. firmy gastronomiczne, sklepy i hurtownie spożywcze, zakłady produkujące i wprowadzające do obrotu żywność, czy firmy zajmujące się konserwacją zieleni miejskiej. Następne ogniwo to przedsiębiorcy działający w obszarze gospodarki odpadami tj. realizujący usługi zbiórki selektywnej, w tym systemy gromadzenia i logistyki dla bioodpadów pochodzenia komunalnego (odpadów zielonych, odpadów kuchennych i ogrodowych, odpadów gastronomicznych). Ogniwem końcowym łańcucha mogą być MŚP wykorzystujące bioodpady, prowadzące działalność gospodarczą zarówno w sektorze gospodarki odpadami, jak i w sektorze produkcji energii odnawialnej; m.in. operatorzy biogazowni, operatorzy regionalnych instalacji przetwarzania odpadów komunalnych, przedsiębiorstwa wytwarzające bioodpady i chcące je przetwarzać we własnym zakresie itp.





Możliwość wykorzystania bioodpadów pochodzenia komunalnego


Założeniem projektowym jest pokazanie możliwości organizacyjnych, technicznych i biznesowych, które otwierają się przed sektorem MŚP na każdym etapie funkcjonowania proponowanego łańcucha kooperacyjnego (planowanie, zbiórka, wywóz, przetwarzanie, technologie recyklingu organicznego i wytwarzania energii). Produkty powstałe w wyniku wdrożenia proponowanego rozwiązania, tj. energia (ciepło, energia elektryczna) i produkt o właściwościach nawozowych (masa pofermentacyjna lub komposty) otwierają kolejne możliwości rozszerzenia działalności przez wybrane MŚP na terenie Województwa Mazowieckiego.

Autorki rozwiązania innowacyjnego opracowały kompendium wiedzy dedykowane przedsiębiorcom, dostępne w blokach tematycznych:

-  Przewodnik dla przedsiębiorcy: systemy zbiórki, gromadzenia i odbioru, autor: mgr inż. Anna Oniszk-Popławska;
-  Kalkulator zasobowo-energetyczny wraz z  przykładem obliczeniowym, autor: mgr inż. Anna Oniszk-Popławska;
-  Przewodnik dla przedsiębiorcy: technologie recyklingu organicznego i odzysku energii, autor: dr Ewa Krasuska;
-  Przewodnik dla przedsiębiorcy: otoczenie formalno-prawne, autor: dr Ewa Krasuska.

Dodatkowo autorki przedstawiły dwa przykładowe  modele biznesowe, które wydają się szczególnie atrakcyjne dla przedsiębiorców wykorzystujących bioodpady pochodzenia komunalnego:

1)  Model biznesowy 1: Istniejące lub planowane biogazownie przyjmujące zmieszany strumień substratów. Jest to model biznesowy dla MŚP zainteresowanego wykorzystaniem dodatkowych substratów do istniejącej lub planowanej biogazowni w celu zdobycia przewagi konkurencyjnej na lokalnym rynku.

2)  Model biznesowy 2: System kaskadowy wykorzystania odpadów zielonych: biogazownia, kompostownia, kocioł na biomasę. Jest to model biznesowy dla MŚP zainteresowanego stworzeniem nowych produktów i usług na bazie dostępnych odpadów zielonych (wytworzonych podczas wykonywanej działalności w obszarze pielęgnacji/ konserwacji terenów zielonych).

Proponowana innowacja może stać się podstawą budowania strategii rozwoju przedsiębiorstwa w perspektywie następnych kilku lub kilkunastu lat. Ma służyć małym i średnim przedsiębiorcom do wypracowania nowego standardu usługowego, jego wdrożeniu, a następnie zdobyciu przy jego pomocy przewagi rynkowej.

2. Wybrane definicje

2.1. Wybrane definicje odpadów

Bioodpady – ulegające biodegradacji odpady z ogrodów i parków, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, gastronomii, zakładów zbiorowego żywienia, jednostek handlu detalicznego, a także porównywalne odpady z zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach); bioodpady nie obejmują natomiast odpadów rolniczych, odchodów, osadów ściekowych, odpadów z leśnictwa; nie obejmują również takich odpadów ulegających biodegradacji jak włókna naturalne, papier czy tektura oraz tych produktów ubocznych produkcji żywności, które nigdy nie stają się odpadami (Zielona Księga w sprawie gospodarowania bioodpadami w Unii Europejskiej);

Biotona- w Niemczech uważa się, że odrębny system zbiórki dla odpadów ogrodowych i kuchennych z prywatnych posesji jest zbyt dużym wysiłkiem organizacyjnym, dlatego też ww. odpady zbierane są najczęściej razem w jednym zbiorniku z odpadami kuchennymi, zwanym „biotoną”, definicja własna;

Odpady – każda substancja lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Odpady gastronomiczne – wszystkie odpady żywnościowe, w tym zużyty olej kuchenny pochodzący z restauracji, obiektów gastronomicznych i kuchni, łącznie z kuchniami zbiorowymi i domowymi (definicja na podstawie *Rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 z dnia 25 lutego 2011 r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1069/2009 określającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego, nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi, oraz w sprawie wykonania dyrektywy Rady 97/78/WE w odniesieniu do niektórych próbek i przedmiotów zwolnionych z kontroli weterynaryjnych na granicach w myśl tej dyrektywy*);

Odpady komunalne – odpady powstające w gospodarstwach domowych, z wyłączeniem pojazdów wycofanych z eksploatacji, 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; zmieszane odpady komunalne pozostają zmieszanymi odpadami komunalnymi, nawet jeżeli zostały poddane czynności przetwarzania odpadów, która nie zmieniła w sposób znaczący ich właściwości (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

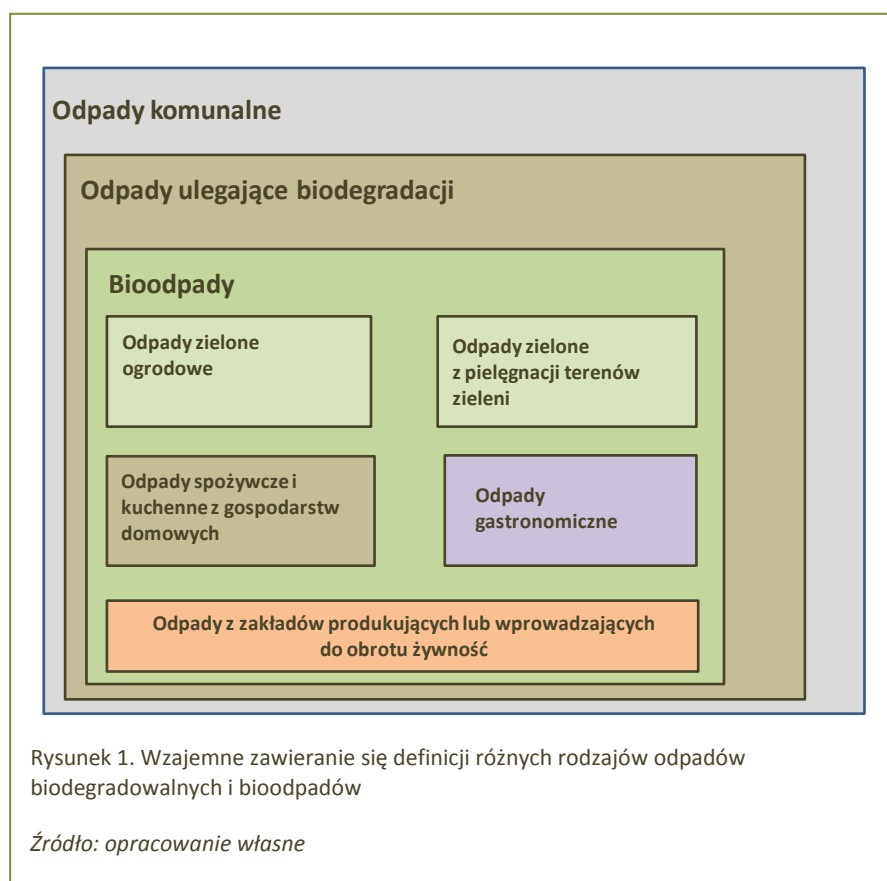
Odpady kuchenne – odpady pochodzące z gospodarstw domowych, związane z przygotowywaniem posiłków, w tym resztki żywności i produkty spożywcze, które utraciły przydatność do spożycia; (definicja własna);

Odpady ogrodowe – odpady z pielęgnacji ogrodów, ogródków przydomowych, zawierające ścinki traw i gałęzie drzew, zasadniczo stanowią część odpadów zielonych; (definicja własna);

Odpady ulegające biodegradacji – rozumie się przez to odpady, które ulegają rozkładowi tlenowemu lub beztlenowemu przy udziale mikroorganizmów (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Odpady zielone – rozumie się przez to odpady komunalne stanowiące części roślin pochodzących z pielęgnacji terenów zielonych, ogrodów, parków i cmentarzy, a także z targowisk, z wyłączeniem odpadów z czyszczenia ulic i placów (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Odpady z czyszczenia ulic i placów – zanieczyszczenia uprzątnięte z chodników i jezdni (zmiotki uliczne) oraz odpady zgromadzone w przeznaczonych do tego celu pojemnikach ustawionych na chodniku (zawartość koszy ulicznych), a także błoto, śnieg, lód usuwane z powierzchni ulic (na podstawie Art. 3. Ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach).



2.2. Pozostałe definicje

Biogazownia – instalacja fermentacji metanowej, której głównym celem jest wytworzenie biogazu oraz prefermentowanego produktu (pofermentu);

Biologiczne procesy przetwarzania odpadów – procesy przetwarzania odpadów ulegających biodegradacji; można je podzielić na procesy tlenowe i beztlenowe; do procesów tlenowych należy tlenowa stabilizacja i kompostowanie, natomiast do procesów beztlenowych fermentacja metanowa, definicja własna;

Fermentacja metanowa – proces recyklingu organicznego, którego głównym celem jest wytworzenie biogazu oraz prefermentowanego produktu, definicja własna;

Fermentat/poferment/produkt fermentacji/masa pofermentacyjna – przefermentowany produkt będący wynikiem fermentacji metanowej, który spełnia kryteria jakościowe dla nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin definicja własna;;

Kompost/produkt kompostowania – produktu procesu kompostowania, który spełnia kryteria jakościowe dla nawozów organicznych lub środków wspomagających uprawę roślin (definicja własna);

Kompostowanie – proces recyklingu organicznego (R3), którego głównym celem jest wytworzenie kompostu definicja własna;

Nawozy organiczne – nawozy wyprodukowane z substancji organicznej lub z mieszanin substancji organicznych, w tym komposty, a także komposty wyprodukowane z wykorzystaniem dżdżownic (art. 2. ust 1. Ustawy o nawozach i nawożeniu);

Odzysk – jakkolwiek proces, którego głównym wynikiem jest to, aby odpady służyły użytecznemu zastosowaniu przez zastąpienie innych materiałów, które w przeciwnym przypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarce (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Odzysk energii – termiczne przekształcanie odpadów w celu odzyskania energii (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Podłoże do upraw – materiał inny niż gleba, w tym substraty, w którym są uprawiane rośliny (art. 2. ust 1. Ustawy o nawozach i nawożeniu);

Przetwarzanie – procesy odzysku lub unieszkodliwiania odpadów, w tym przygotowanie poprzedzające odzysk lub unieszkodliwianie (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Recykling – odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; obejmuje to ponowne przetwarzanie materiału organicznego (recykling organiczny), ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Recykling organiczny – obejmuje ponowne przetwarzanie materiału organicznego, np. bioodpadów na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach, ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk (na podstawie art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Regionalna instalacja do przetwarzania odpadów komunalnych (RIPOK) – zakład zagospodarowania odpadów o mocy przerobowej wystarczającej do przyjmowania i przetwarzania odpadów z obszaru zamieszkałego przez co najmniej 120 tys. mieszkańców, spełniający wymagania najlepszej dostępnej techniki lub technologii, o której mowa w art. 143 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska oraz zapewniający termiczne przekształcanie odpadów lub:

(i) mechaniczno-biologiczne przetwarzanie zmieszanych odpadów komunalnych i wydzielanie ze zmieszanych odpadów komunalnych frakcji nadających się w całości lub w części do odzysku, lub

(ii) przetwarzanie selektywnie zebranych odpadów zielonych i innych bioodpadów oraz wytwarzanie z nich produktu o właściwościach nawozowych lub środków wspomagających uprawę roślin, spełniających wymagania określone w przepisach odrębnych, lub materiału po procesie kompostowania lub fermentacji dopuszczonego do odzysku w procesie odzysku R10, spełniającego wymagania określone w przepisach wydanych na podstawie art. 30 ust. 4, lub

(iii) składowanie odpadów powstających w procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych oraz pozostałości z sortowania odpadów komunalnych o pojemności pozwalającej na przyjmowanie przez okres nie krótszy niż 15 lat odpadów w ilości nie mniejszej niż powstająca w instalacji do mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych (art. 35. ust 6. Ustawy o odpadach);

Selektywne zbieranie – zbieranie, w ramach którego dany strumień odpadów, w celu ułatwienia specyficznego przetwarzania, obejmuje jedynie odpady charakteryzujące się takimi samymi właściwościami i takimi samymi cechami (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Środek poprawiający właściwości gleby – substancje dodawane do gleby w celu poprawy jej właściwości lub jej parametrów chemicznych, fizycznych, fizykochemicznych lub biologicznych, z wyłączeniem dodatków do wzbogacenia gleby wytworzonych wyłącznie z produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego w rozumieniu przepisów rozporządzenia (WE) nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002 r. ustanawiającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego nieprzeznaczonych do spożycia przez ludzi (art. 2. ust 1. Ustawy o nawozach i nawożeniu);

Środki wspomagające uprawę roślin – środki poprawiające właściwości gleby, stymulatory wzrostu i podłoża do upraw (art. 2. ust 1. Ustawy o nawozach i nawożeniu);

Tereny zieleni - tereny wraz z infrastrukturą techniczną i budynkami funkcjonalnie z nimi związanymi pokryte roślinnością, znajdujące się w granicach wsi o zwartej zabudowie lub miast, pełniące funkcje estetyczne, rekreacyjne, zdrowotne lub osłonowe a w szczególności parki, zieleńce, promenady, bulwary, ogrody botaniczne, zoologiczne, jordanowskie i zabytkowe oraz cmentarze a także zieleń towarzyszącą ulicom, placom, zabytkowym fortyfikacjom, budynkom, składowiskom, lotniskom oraz obiektom kolejowym i przemysłowym (art. 5 pkt. 21 Ustawy o ochronie przyrody).

Termiczne przekształcanie odpadów – rozumie się przez to:

- a) spalanie odpadów przez ich utlenianie,
- b) inne niż wskazane w lit. a procesy termicznego przetwarzania odpadów, w tym pirolizę, zgazowanie i proces plazmowy, o ile substancje powstające podczas tych procesów są następnie spalane (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Unieszkodliwianiu odpadów – proces niebędący odzyskiem, nawet jeżeli wtórnym skutkiem takiego procesu jest odzysk substancji lub energii (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Wytwórca odpadów – każdy, kogo działalność lub bytowanie powoduje powstawanie odpadów (pierwotny wytwórca odpadów), oraz każdy, kto przeprowadza wstępną obróbkę, mieszanie lub inne działania powodujące zmianę charakteru lub składu tych odpadów; wytwórca odpadów

powstających w wyniku świadczenia usług w zakresie budowy, rozbiórki, remontu obiektów, czyszczenia zbiorników lub urządzeń oraz sprzątania, konserwacji i napraw jest podmiot, który świadczy usługę, chyba że umowa o świadczenie usługi stanowi inaczej (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach);

Zbieranie odpadów – gromadzenie odpadów przed ich transportem do miejsc przetwarzania, w tym wstępne sortowanie nieprowadzące do zasadniczej zmiany charakteru i składu odpadów i niepowodujące zmiany klasyfikacji odpadów oraz tymczasowe magazynowanie odpadów (art. 3. ust 1. Ustawy o odpadach).

3. ANALIZA ZASOBOWA MOŻLIWOŚCI SELEKTYWNEGO ZBIERANIA BIOODPADÓW POCHODZENIA KOMUNALNEGO

3.1. Odpady kuchenne i ogrodowe z terenów zamieszkałych

Możliwość pozyskania selektywnie zbieranych odpadów kuchennych należy oceniać w kontekście lokalnym, w związku z tym bez wstępnych analiz dla danego terenu trudno o jednoznaczną odpowiedź czy selektywna zbiórka będzie działaniem racjonalnym. W krajach, w których zorganizowano systemy selektywnej zbiórki istnieją dane wskaźnikowe dot. ich jednostkowego wytwarzania oraz zbierania w przeliczeniu na jednego mieszkańca; ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki zabudowy mieszkaniowej (jednorodzinna, wielorodzinna, miejska, wiejska). Ważna jest nie tylko ocena ilości wytwarzanych odpadów, ale również możliwość aktywnego włączenia mieszkańców (tj. poziom uczestnictwa w selektywnej zbiórce). W krajach, gdzie wprowadzano systemy selektywnej zbiórki dla odpadów kuchennych zauważono, że poziom partycypacji jest znacznie mniejszy na terenach zabudowy wielorodzinnej. Innym ważnym czynnikiem, który należy uwzględnić jest logistyka odbioru: na terenach wiejskich, ze względu na niską gęstość zaludnienia koszt pozyskania tej samej ilości odpadów jest znacznie większy niż na terenach zurbanizowanych.



Fotografia 1. Odpady kuchenne
Źródło: Opracowanie własne

Tabela 1 Możliwość pozyskania selektywnie zbieranych odpadów kuchennych z terenów o różnej funkcji zabudowy mieszkaniowej

Funkcja zabudowy i zagospodarowania terenu	Gęstość zaludnienia M/km ² (M/ha)	Ilości odpadów zbieranych M/r.	Poziom partycypacji	Logistyka odbioru
Centrum miasta i tereny silnie zurbanizowane	>1750 (>175)	mniejsze	bardzo niski	bardzo trudna
Tereny zurbanizowane poza ścisłym centrum, zabudowa wielorodzinna	750-1750 (75-175)	mniejsze	niski	trudna
Przedmieścia lub małe miasta, zabudowa jednorodzinna	150-750 (15-75)	duże	wysoki	łatwa
Obszary niezurbanizowane (wiejskie)	<150 (15)	mniejsze (własne kompostowniki)	średni	trudna

M- w przeliczeniu na 1 mieszkańca

Źródło: [1]

Ile odpadów kuchennych można pozyskać w przeliczeniu na jednego mieszkańca?

Oceniając możliwość pozyskania odpadów kuchennych z danego terenu, należy każdorazowo uwzględniać lokalną specyfikę. W starych landach RFN jednostkowa ilość selektywnie zbieranych (odebranych) odpadów kuchennych w przeliczeniu na 1 mieszkańca wyniosła średnio 52-53 kg/M/r., natomiast w nowych landach (byłego NRD) 31 kg/M/r., również spora była rozpiętość wartości: 10-127 kg/M/r. [2], [3], [4]. Przeciętne gospodarstwo w warunkach szwedzkich wytwarza 34,2 kg/M/r. odpadów kuchennych [5], w Austrii możliwość pozyskania, w zależności od regionu, wahała się od 29-

88 kg/M/r. [6]. W różnych krajach występują również różnice pomiędzy ilością generowaną i zbieraną na terenach wiejskich, słabiej zaludnionych a na obszarach silnie zurbanizowanych [2], [31]. Należy również uwzględnić aspekt wahań sezonowych- w miesiącach letnich powstaje więcej odpadów kuchennych, ze względu na większy udział warzyw i owoców w przygotowywanych posiłkach [4].

Ile odpadów ogrodowych można pozyskać?

Zakłada się, że właściciele posesji koszą trawę co 1-2 tygodnie. Ilość powstających odpadów ogrodowych (trawiastych) wynosi 0,5- 4 kg/r. na m² powierzchni biologicznie czynnej, w zależności od średniej ilości koszeń [3]. W Polsce trawniki na prywatnych posesjach kosi się z częstotliwością 1 raz na 1-3 tygodnie.

Analizując możliwość pozyskania odpadów ogrodowych najlepiej postąpić się wskaźnikiem powierzchni biologicznie czynnej dla danego terenu (część działki, która ma pozostać wolna od zabudowy). Wskaźnik taki wykorzystywany jest w analizach urbanistycznych, takich jak polityka przestrzenna gminy (tj. studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy) oraz miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

Tabela 2. Powierzchnia biologicznie czynna w zależności od rodzaju zabudowy mieszkaniowej do obliczania ilości pozyskania odpadów ogrodowych z prywatnych posesji*

Zabudowa mieszkaniowa	Oznaczenie urbanistyczne	Wysokość zabudowy	Procent powierzchni biologicznie czynnej
Tereny zabudowy jednorodzinnej	MN		
skoncentrowana niska (zwarta zabudowa przedmieść)	MN	<12 m	40%
skoncentrowana niska (szeregowa)	MN	<12 m	40%
bliźniacza	MN	<12 m	40%
otwarta niska, ekstensywna (wolnostojące domy)	MNZ	<12 m	60%
Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej na działkach leśnych	MN-L		75%
Tereny zabudowy zagrodowej	RM	<12 m	60%
Tereny zabudowy wielorodzinnej	MW	<12 m	
zwarta wysoka	MW	>25 m	5%
zwarta średniowysoka	MW	12-25 m	25%
otwarta średnio-wysoka	MW	12-25 m	30%
otwarta wysoka	MW	>25 m	50%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

*wartości przykładowe, najbardziej typowe

Czy zbierać odpady kuchenne i ogrodowe razem czy oddzielnie?

W Niemczech uważa się, że odrębny system zbiórki dla odpadów ogrodowych i kuchennych z prywatnych posesji jest zbyt dużym wysiłkiem organizacyjnym, dlatego też ww. odpady zbierane są najczęściej razem w jednym zbiorniku z odpadami kuchennymi, zwanym „biotoną” [8]. Z tego powodu w Niemczech bioodpady z konserwacji zieleni na prywatnych posesjach zaliczane są zazwyczaj do odpadów ogrodowych, a nie do odpadów zielonych. Systemem zwanym biotoną objętych jest 80% obywateli Niemiec, jednak jedynie 50-60% ludności korzysta z takiej możliwości ze względu na masowe wykorzystanie własnych, przydomowych kompostowników [1].

W niektórych lokalizacjach, np. w Hamburgu rozważano natomiast możliwość zbierania odpadów kuchennych i ogrodowych oddzielnie, przykładowo dla mieszkańców Hamburga przewidziano możliwość selektywnej zbiórki ściętej trawy w workach o pojemności 100 litrów [9]. W Wielkiej Brytanii w wybranych lokalizacjach odpady ogrodowe i kuchenne zbierane są oddzielnie. Państwo Szyrmerowie, Polacy mieszkający w Londynie przedstawiają selektywną zbiórkę odpadów kuchennych i ogrodowych. Odpady kuchenne gromadzone są w workach o pojemności 8 litrów, następnie przenoszone do większego kontenera usytuowanego w wiacie śmietnikowej na zewnątrz budynku. Większy zbiornik wystawia się co tydzień przy krawężniku ulicy, skąd zabierane są przez samochody do wywozu odpadów i transportowane do miejskiej kompostowni. Odpady ogrodowe gromadzone są w workach o pojemności 170 l i odbierane co dwa tygodnie.



Cześć jestem Łukasz mieszkam w East Croydon w Londynie.



Pokażę Wam co robimy z naszymi bioodpadami.



To małe wiaderko (8 litrów) służy do gromadzenia odpadów kuchennych.

Kubelki: duży, mały i 30 worków dostaliśmy za darmo. Nie trzeba jednak kupować nowych worków, można używać starych gazet i czyścić po każdym opróżnieniu kubelka.

A wszystkie inne śmieci - papier, plastiki, zmieszane oraz zielone - odbierane są co drugi tydzień



Z małego wiaderka odpady kuchenne przenosimy do większego umieszczonego w wiacie śmietnikowej. Odpady kuchenne są odbierane co 7 dni.



A to są nasze odpady zielone, które odbierane są od nas co drugi tydzień w okresie od marca do listopada. Zbieramy je w workach 170 litrów.



To jest wiatra śmietnikowa gdzie bioodpady razem z innymi odpadami czekają na swój termin odbioru.



Dzięki temu, że segregujemy odpady organiczne mamy darmowy kompost. Wiem, że dla opornych wprowadzono karę do 80 funtów za brak selektywnej zbiórki. Oprócz tego, za każdą tonę śmieci wywożonych na wysypisko trzeba płacić 56 funtów, co później opłacamy w podatku gminnym. Dlatego, w interesie całej gminy jest, żeby zwiększyć poziom recyklingu.



A tutaj widać krawężnik, gmina podaje terminy w jakim dniu tygodnia należy wystawić zgromadzone odpady. Taki bałagan jest tylko raz na 2 tygodnie - potem jest już ładnie i schludnie.

Fotografia 2 Zbiórka odpadów kuchennych i ogrodowych przez polskich emigrantów w Londynie
Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentacji fotograficznej (M. Ł. Szyrmerowie)

3.2. Odpady gastronomiczne

Zakaz skarmiania zwierząt odpadami gastronomicznymi spowodował zwiększenie zainteresowania ich wykorzystaniem w inny sposób, tj. do produkcji energii [10]. Informacje przedstawione mogą okazać się interesujące dla MŚP prowadzących działalność gastronomiczną, jak również dla przedsiębiorstw odbierających odpady gastronomiczne i transportujących je do biogazowni.

Ilość powstających odpadów gastronomicznych szacuje się średnio na 175 g/posiłek [10], w praktyce wielkość ta zależy to od bardzo wielu czynników, takich jak: oferta menu (czym bogatsze jest oferowane menu, tym więcej odpadów powstaje przy przygotowaniu posiłków); czy posiłki powstają na miejscu, czy są dowożone (praktyka spotykana w przedszkolach, szpitalach, najczęściej odpadów powstaje podczas przygotowywania posiłków); czy w końcu od tego, czy posiłki są serwowane sezonowo.



Fotografia 3. Odpady gastronomiczne
Źródło: Kern M. i in (2010)

Tabela 3 Jednostkowe ilości odpadów gastronomicznych powstających w różnych punktach

Miejsce generowania odpadów gastronomicznych	Jednostkowe ilości	Dodatkowe informacje
Przedszkola	97 kg/miejsce/r.	100-150 miejsc
Szkoły	200- 300 g/porcję 12 kg/miejsce/r.	600 miejsc, ale nie wszyscy korzystają ze stołówek
Szpitala, domy starców	458-620 g/pacjenta/d 138 g/posiłek	500 porcji dziennie
Stołówki zakładowe	110,6 – 151 g/porcję 27,6 kg/osobę/r.	250 dni w roku
Bary, kawiarnie	37 kg/miejsce/r. 0,74 kg/M/r.	30-50 miejsc
Restauracje	500 g/porcję 90 kg/miejsce/r. 4,6 kg/M/r.	50-100 miejsc 250-600 porcji dziennie
Hotele 4-5 gwiazdkowe	386 g/tółko/d	100-500 miejsc
1-3 gwiazdkowe	345 g/tółko/d	
Koszary	211 g/posiłek	b.d.

Źródło: [11]



Fotografia 4. Odpady gastronomiczne w drodze z kuchni do taboru samochodowego
 Źródło: <http://www.ave.at>

W przypadku odpadów gastronomicznych, dopuszcza się macerację przed skierowaniem ich do specjalnego zbiornika, odbieranego następnie przez wyspecjalizowaną firmę. Według badań austriackich wadą zastosowania młynków koloidalnych jest znacznie podwyższone uwodnienie zawiesiny (na 1 kg odpadów przypada ok. 11,5-14,6 litrów wody) [11].

W większych kuchniach, dzięki zastosowaniu prasy możliwe jest zagęszczanie odpadów gastronomicznych i zmniejszenie ich objętości o 10-20%, co ma korzystny wpływ na zmniejszenie kosztów logistyki odbioru [11].

Kontenery, w których gromadzi się odpady gastronomiczne są albo czyszczone bezpośrednio na miejscu przez firmę odbierającą odpady, albo następuje wymiana kontenera (pełnego na pusty). Po procesie czyszczenia kontenerów następuje ich osuszanie sprężonym powietrzem [12].



Rysunek 2. Rozwiązanie firmy BioTrans AG.
 Źródło: BioTrans AG, <http://www.biotrans.ch/>

W przypadku małych punktów gastronomicznych kontenery stosowane do zbierania odpadów gastronomicznych mają zazwyczaj pojemność 40-90 litrów, dla większych zaś 120-240 litrów. W systemie HoGa Partner w małych restauracjach odpady kuchenne są mieszane razem z olejem posmażalniczym. Oddzielne kontenery są podstawiane wyłącznie w przypadku większych obiektów

gastronomicznych, wtedy oleje posmażalnicze gromadzi się w kontenerach o pojemności 25-80 litrów [12].



Fotografia 6. Gromadzenie oleju posmażalniczego

Źródło: <http://www.muenzer.aMg/unsere-leistungen/biodiesel/vom-abfall-zur-energie/>

Z systemu HoGa Partner korzysta przykładowo szkoła policyjna Hitzkirch w Szwajcarii, w ciągu tygodnia wydawanych jest tu 200 posiłków, które są przygotowywane ze świeżych produktów na miejscu, co oznacza zapewnienie 4 kontenerów tygodniowo. Kontenery są szczelnie zamykane, nie ma więc problemu z nieprzyjemnymi zapachami. Według HoGa Partner nie ma potrzeby chłodzenia gromadzonych odpadów, jeżeli okres magazynowania nie przekracza 7-u dni, w praktyce należy zwracać szczególną uwagę na możliwość wystąpienia uciążliwości zapachowej nawet po 2 dniach [31]. Odpady odbierane są przez specjalnie zaprojektowany do tego celu tabor samochodowy HoGa Partner. Jednocześnie odbiera się odpady, dezynfekuje i osusza kontenery (proces trwa ok. 4 minut) i wywozi odpady do docelowych miejsc przeznaczenia. Przed podaniem jako wsad do biogazowni odpady gastronomiczne są dodatkowo poddawane obróbce mechanicznej, ze względu na możliwość występowania zanieczyszczeń, takich jak kawałki talerzy czy sztućce [13].



Fotografia 5. Odbiór, czyszczenie pojemników, transport odpadów gastronomicznych w jednym taborze

Źródło: HoGa Partner, <http://hogapartner.ch/>

Częstotliwość odbioru zależy od tego, jak duży jest zakład gastronomiczny- w przypadku małych firm będzie to 1 raz w tygodniu, w przypadku większych nawet codziennie. Odpady z kilkunastu punktów gastronomicznych w Kantonie Luzern w Szwajcarii dostarczane są jako wsad do biogazowni Inwil, która przerabia ponad 60 tys. ton substratów i wytwarza ponad 2 miliony m³ biogazu rocznie [12].

3.3. Odpady z terenów konserwacji zieleni (odpady zielone)

Odpady zielone są to odpady komunalne stanowiące części roślin pochodzących z pielęgnacji terenów zielonych, ogrodów, parków i cmentarzy, a także z targowisk, z wyłączeniem odpadów z czyszczenia ulic i placów (Art. 3. Ust 1. Ustawy o odpadach). Odpady zielone powstają w wyniku pielęgnacji lub konserwacji terenów zieleni. Ustawa z dn. 16 kwietnia 2004 o ochronie przyrody (Dz.U. nr 92 poz. 880 ze zm. Z 2004 r.; art. 5 pkt. 21) określa natomiast tereny zieleni jako tereny wraz z infrastrukturą techniczną i budynkami funkcjonalnie z nimi związanymi pokryte roślinnością, znajdujące się w granicach wsi o zwartej zabudowie lub miast, pełniące funkcje estetyczne, rekreacyjne, zdrowotne lub osłonowe, a w szczególności parki, zieleńce, promenady, bulwary, ogrody botaniczne, zoologiczne, jordanowskie i zabytkowe oraz cmentarze, a także zieleń towarzyszącą ulicom, placom, zabytkowym fortyfikacjom, budynkom, składowiskom, lotniskom oraz obiektom kolejowym i przemysłowym.

Z punktu widzenia firm zajmujących się konserwacją zieleni Szulc A. [14] proponuje następujący podział:



Fotografia 7 Zbiórka zieleni miejskiej

Źródło: Opracowanie własne

1. Otwarte tereny wypoczynku biernego i czynnego, takie jak parki spacerowo-wypoczynkowe, parki ludowe (kultury), zieleńce, bulwary, promenady,
2. Tereny zieleni specjalnego przeznaczenia: pasy zieleni izolacyjnej, zieleń towarzysząca komunikacji (w tym komunikacji ulicznej, drogowej, kolejowej, powietrznej, wodnej), ogrody dydaktyczne i działkowe, cmentarze parki i ogrody zabytkowe.

Innego podziału natomiast używają urbaniści do planowania rozmieszczenia terenów zieleni w przestrzeni miasta. W niniejszym opracowaniu ten właśnie podział uznano jako najbardziej odpowiedni do szacowania potencjału możliwości pozyskania bioodpadów do recyklingu organicznego i odzysku energii. Podział ten przedstawiony jest w tabeli poniżej, wraz z obowiązującymi oznaczeniami planistycznymi.

Tabela 4. Rodzaje terenów zieleni wraz ze wskaźnikami szacowania zasobów

Rodzaj terenu zieleni	Symbol
Tereny zieleni leśnej na terenie miast	ZL
Tereny zagrożone powodzią*	ZZ
Tereny zieleni urządzonej	ZP
• parki, zieleńce, skwery	ZP-p
• park leśny	ZP-l
• ogrody botaniczne	ZP-b
• ogrody zoologiczne	ZP-z
• ogrody jordanowskie	ZP-j
• inne tereny zieleni urządzonej	ZP-r
Tereny ogródków działkowych	ZD
Tereny cmentarzy	ZC
Tereny usług sportu i rekreacji	US
• tereny sportowe z nawierzchnią trawiastą	US-s
• pola golfowe	US-s
Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego	KK
• dworce, przystanki i inne obiekty związane z ruchem pasażerskim	KKp
• tereny wzdłuż torowisk kolejowych	KK
Tereny wzdłuż linii wód powierzchniowych śródlądowych (rzeki, jeziora, stawy, kanały itp.)	WS
Tereny nadrzecznej zieleni naturalnej (łęgi nadrzeczne itp.)	ZZ-ZR
Tereny zieleni naturalnej	ZN
Tereny zieleni izolacyjnej wzdłuż dróg	ZP-l
• A - autostrady	KD-A
• S - drogi ekspresowe	KD-S
• GP - drogi główne ruchu przyspieszonego	KD-GP
• G - drogi główne	KD-G
• Z - drogi zbiorcze	KD-Z
• L - drogi lokalne	KD-L
• D - drogi dojazdowe	KD-D

Źródło: opracowanie własne

*Inne stosowane nazwy to: Obszary zagrożone powodzią WORP, Obszary szczególnego zagrożenia powodzią (po ich wyznaczeniu przez RZGW), Obszary o ograniczonej i niskiej retencji i inne

Pozyskanie odpadów zielonych trawiastych

Częstość koszenia trawy może wahać się od 1 razu w roku do 1 razu w tygodniu (np. w przypadku terenów reprezentacyjnych) [15][16]. Kiedy konserwacja trawy następuje w trybie intensywnym (powyżej 5 zabiegów w ciągu roku), możliwe jest pozostawianie jej bez zgrabiania na miejscu koszenia (zabieg zwany mulczowaniem), ponieważ pokos jest na tyle krótki że stanowi materiał polepszający glebę. Częste koszenie uniemożliwia jednak sprawny odbiór odpadów – koszty logistyki przewyższają wtedy potencjalne zyski z pozyskanego materiału. Tereny zieleni ulicznej ścinane są zazwyczaj 3 razy do roku: koszenie wiosenne w maju, koszenie letnie (koniec lipca) oraz 1-2 koszenia jesienne (wrzesień-październik). Trawy koszone wiosną charakteryzują się dużą wilgotnością, późnym latem zbiera się natomiast trawę podsuszoną o dużej zawartości ligniny, która może być wykorzystana jak materiał do spalania, nie stanowi jednak wartościowego wsadu do biogazowni. Do zakiszania (z przeznaczeniem do biogazowni) zaleca się wykorzystanie pokosu wiosennego i jesiennego. Koszenie letnie natomiast, ze względu na dużą zawartość ligniny i przesuszenie traw, powinno być kierowane albo do kompostowni, albo do spalania (termiczne przekształcanie z odzyskiem energii) [9].

Analiza wykonana dla Hamburga wykazała, że koszty wykonywania cięć 6x do roku z mulczowaniem są porównywalne z alternatywnym systemem polegającym na koszeniu 3x do roku, ale z dodatkowym kosztem zbierania pokosu. Zaletą drugiego rozwiązania jest możliwość uzyskania dodatkowych przychodów z tytułu odzysku energii¹ [9]. Tabor samochodowy może zostać wyposażony w dmuchawę oraz rurę zasysającą, która umożliwi szybki zbiór pokosu (poprzez tzw. „odkurzanie”). Konserwacja zieleni wykonywana rzadziej, ale za to z odzyskiem materiałowym i energetycznym jest o wiele bardziej korzystna nie tylko pod względem finansowym, ale również z punktu widzenia środowiska naturalnego.

Koszenie należy przeprowadzać zgodnie z końcowym przeznaczeniem pokosu, inaczej w przypadku gdy będzie on kierowany do biogazowni, a inaczej gdy będzie przeznaczony do przetwarzania termicznego (spalania) lub do kompostowania. Do koszenia traw, które mają być przygotowane jako wsad do biogazowni najlepiej wykorzystywać jest kosiarki z funkcją rozdrabniania, do zakiszania kierowane są trawy pierwszego wiosennego koszenia (ewentualnie z wrześnieowego). Pokosu przeznaczonego do fermentacji nie należy pozostawiać do przesuszania, należy go od razu zebrać i przewieźć do zakiszania. Najlepiej, aby odpady zielone trawiaste trafiały do silosów przejazdowych znajdujących się przy instalacji biogazowej najpóźniej do 3-5 dni po skoszeniu [10], [9], [17]. Trudnością technologiczną w organizacji zbiórki traw, według podanego powyżej przepisu, jest ekonomiczna konieczność zapełniania kontenera zbiorczego. Z drugiej jednak strony ze względu na możliwość rozwoju grzybów mikroskopowych (w tym pleśni), tak przechowywane trawy nie nadają się do wykorzystania jako wsad do biogazowni.

W wyniku kryzysu finansowego ilość pozyskiwanych odpadów zielonych będzie wypadkową 2 sprzecznych interesów: samorządów, które w dobie kryzysu chcą jak najbardziej ograniczyć wydatki na konserwację zieleni w mieście i operatora instalacji, który zainteresowany jest, aby ilość odpadów nie podlegała wahaniom koniunktury gospodarczej [15]. Mniej darmowych odpadów oznacza bowiem, że instalacja zaprojektowana na określoną przepustowość będzie musiała pozyskać dodatkowe substraty z rynku (np. zwiększając odległości dowozu z sąsiednich gmin- koszty- czy uzupełniając wsad płatnymi substratami, np. drogą kiszonką kukurydzy - ok. 100 zł/Mg).

Pozyskanie odpadów zielonych zdrewniałych

W odpadach zielonych powstałych z pielęgnacji drzew i krzewów zimą 25 (zima) -30% (lato) stanowi frakcja nadsitowa, która może być wykorzystywana na cele energetyczne; reszta nadaje się raczej do kompostowania (m.in. jako materiał strukturotwórczy) [10].

Ze względu na brak ulistnienia oraz na zaprzestanie krążenia soków w porze zimowej, które zwiększa wilgotność bioodpadów zaleca się zbiórkę odpadów zielonych z pielęgnacji drzew w miesiącach zimowych [4]. W ramach prac konserwacyjnych wykonywanych zimą ścina się gałęzie, a następnie poddaje się je zrębkowaniu i przesiewaniu.

¹W warunkach niemieckich koszt pierwszego rozwiązania to 3000 EUR/ha tj. 500 EUR/ha/koszenie natomiast drugiego 3900 EUR/ha (3x 1300 EUR/ha ze zbieraniem), po uwzględnieniu kosztów wywozu to ok. 25 EUR/Mg, co daje 2-5 EUR/Mg nadwyżki finansowej i oznacza, że koszenie rzadsze, ale ze zbieraniem jest bardziej opłacalne. Koszt zbiórki traw to ok. 12.5-17 EUR/Mg (przy uwodnieniu 70%) [9].

Dla niektórych odpadów zielonych zdrewniałych stosuje się częstotliwość wywozu 1-3 razy do roku (wiosna, jesień, odbiór drzewek bożonarodzeniowych), w tym celu podstawia się specjalne kontenery, do których można wrzucać odpady zdrewniałe, różne firmy stosują ograniczenia w tym zakresie, np. obwód pnia do 2, 10, 20 cm [18]. Indywidualnie można umówić się na odbiór większych fragmentów, które muszą być pocięte na segmenty o masie maksymalnie 25 kg i długości maksymalnie 1,5 m. Możliwa jest również samodzielna dostawa do instalacji recyklingu organicznego, tj. biogazowni lub kompostowni. W Austrii odpady zielone są zbierane przez mieszkańców w 110 litrowych workach (1,9 EUR/szt.), w Wielkiej Brytanii w workach 170 litrowych.

Wprowadzanie wysoce specjalistycznego sprzętu do pozyskiwania odpadów zielonych nie zawsze ma sens. Odpady te są zazwyczaj bardzo rozproszone w różnych punktach miasta i w niektórych przypadkach bardziej sprawdzają się proste, manualne zabiegi pielęgnacyjne niż drogie, dedykowane do innych warunków rozwiązania sprzętowe (np. adaptacja sprzętu aplikowanego do biomasy leśnej nie zawsze będzie miała ekonomiczne uzasadnienie w mieście).

Tereny zieleni towarzyszącej komunikacji

Jako tereny zieleni towarzyszącej komunikacji rozumie się:

Tereny zieleni izolacyjnej wzdłuż dróg:

- A - autostrady
- S - drogi ekspresowe
- GP - drogi główne ruchu przyspieszonego
- G - drogi główne
- Z - drogi zbiorcze
- L - drogi lokalne
- D - drogi dojazdowe

Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego:

- dworce, przystanki i inne obiekty związane z ruchem pasażerskim
- tereny wzdłuż torowisk kolejowych.



Fotografia 8. Przycinanie gałęzi

Źródło: Landwirtschaftskammer Hamburg (2009)

Pod zarządem GDDKiA w Polsce są drogi krajowe i wojewódzkie, instytucja ta szacuje, że konserwacją zieleni objęta jest powierzchnia 18 520 ha [19], pozostałe drogi są pod zarządem jednostki budżetowej najczęściej zarządu transportu miejskiego. W Polsce drogi gminne stanowiły 54% długości wszystkich dróg, drogi powiatowe 33%, drogi krajowe 5%, drogi wojewódzkie 8%. Zieleni przy drogach lokalnych i dojazdowych nie poddaje się systematycznym zabiegom konserwacyjnym.

Zieleń wzdłuż dróg dzielimy na izolacyjną, osłonową, projektowaną przy przejściach dla zwierząt, przy ekranach akustycznych oraz zieleni ozdobną w rejonach węzłów i skrzyżowań [14]. Zieleni wzdłuż dróg poza tradycyjnie przypisanymi jej funkcjami (ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko, ochrona przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń pyłowych, przed hałasem, wchłanianie zanieczyszczeń płynnych, łagodzenie konfliktów społecznych, ochrona przed erozją

nasypów), można przypisać nową wartość dodaną, a mianowicie możliwość odzysku energii. Przy konserwacji zieleni wzdłuż dróg zawsze należy mieć jednak na uwadze nadrzędność przepisów ruchu drogowego [19].

W Niemczech badano procentowy, powierzchniowy udział zieleni wzdłuż dróg, trawy stanowiły 40% powierzchni (materiał do biogazowni), krzaki 25% (materiał do kompostowni), drzewa 35% (materiał do spalania) [20].



Fotografia 9. Konserwacja zieleni wzdłuż dróg

Źródło: Kern M. i in. (2010), Landwirtschaftskammer Hamburg (2009).

Konserwację zieleni wzdłuż dróg można podzielić na systemy intensywne oraz systemy ekstensywne. Przeważne trawy wzdłuż dróg ścinane są 1-3 razy w roku, drogi lokalne raczej nie są poddawane zabiegom pielęgnacyjnym [10].

Ilość trawy zebranej podczas konserwacji zieleni wzdłuż dróg można obliczyć mnożąc długość drogi przez szerokość koszenia, która dla autostrad wynosi 4-5 m (0,8-1,0 ha/km), dla dróg szybkiego ruchu 3 m (0,6 ha/km), dla dróg ponadlokalnych 2 m (0,4 ha/km). W razie zapotrzebowania możliwe byłoby dalsze poszerzenie powierzchni konserwacji zieleni do 5-10 m z każdej strony autostrady [10]. O tym mówi się w szczególności w kontekście niemieckim, gdzie wyczerpują się powoli możliwości łatwego pozyskania biomasy leśnej czy upraw energetycznych.

Możliwe jest belowanie świeżej trawy z pielęgnacji dróg przeznaczonej do zakiszania i jej wykorzystanie w biogazowni, takich rozwiązań raczej nie stosuje się jednak ze względu na koszty, bardziej popularne są silosy przejazdowe. Zbieranie traw jest rozwiązaniem trudnym logistycznie ponieważ silosy należy wypełnić materiałem przeznaczonym do zakiszania do 3-5 dni od momentu skoszenia [10].

Jednostkowa ilości pozyskiwanych odpadów zielonych (zdrewniałych) to 3,4 Mg/ha/r. z autostrad oraz 4,1/Mg/ha/r. z innych dróg, w sumie ich ilość z powierzchni wzdłuż dróg waha się w granicach 1-4 Mg/km. W Niemczech utrzymuje się, że co 5-10 lat każde drzewo powinno być przycinane, co dodatkowo podwyższa uzysk biomasy o 20-40% [10]. W Polsce przepisy Ustawy o ochronie przyrody (Ustawa z dn. 16 kwietnia 2004 r. Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880) nie zezwalają na cięcia prześwietlające inne niż interwencyjne: usunięcie obumarłych konarów, zagrożenia bezpieczeństwa, a to ze względu na łamanie przez Polaków przepisów w drugą stronę, polegającą na nadmiernej wycince drzew [21].

Biodpady z terenów kolei

Z terenów kolei nie ma możliwości pozyskania traw, a chwasty są raczej zwalczane poprzez stosowanie oprysków chemicznych. Jest natomiast możliwość pozyskania frakcji zdrewniałej: drzewa i krzaki poddawane są zabiegom konserwacji zieleni ze względu na konieczność zapewnienia bezpieczeństwa przejazdu taboru kolejowego. W odległości 2,5-8 m od krawędzi torów zabiegi konserwacji polegają na zapobieganiu nadmiernemu rozrostowi krzaków i drzew. Zabiegi te są często utrudnione, ponieważ tory kolejowe usytuowane wzdłuż nasypów, co stwarza konieczność wykonywania zabiegów konserwacyjnych na powierzchniach pochyłych. Teoretyczne jednostkowe ilości biomasy możliwej do pozyskania z terenów wzdłuż kolei to 200 Mg/km, jednak w praktyce tylko 5% da się wykorzystać ze względu na trudności logistyczne. Odpady te są niejednorodne, często o wysokim stopniu uwodnienia, a koszty ich zbiórki przewyższają potencjalne zyski ze sprzedaży paliwa [10].



Fotografia 10. Konserwacja zieleni wzdłuż kolei
Źródło: Kern M. i in. (2010).

Biodpady z terenów nadrzecznej zieleni naturalnej

Cieki wodne należy poddawać zabiegom konserwacji zieleni ze względu na konieczność udrażniania przepływu i obniżenia poziomu zwierciadła wody. Konserwacja cieków wodnych jest ważna w szczególności w miejscowościach turystycznych, bez regularnego usuwania glonów następuje ucieczka turystów i bankructwo lokalnych przedsiębiorstw działających w tym obszarze [23]. Konserwacja brzegów powinna mieć miejsce 3-4 razy do roku. Należy unikać mulczowania pokosu, ponieważ przyczynia się on do nasilenia eutrofizacji, czego skutkiem jest nadmierne zarastanie cieków [22]. Odpady zielone powstające podczas konserwacji brzegów i cieków wodnych. Spore ilości odpadów zdrewniałych powstają również po powodziach [10].



Fotografia 11. Konserwacja zieleni nadrzecznej
Źródło: Kern M. i in. (2010).

Odpady powstające przy konserwacji zieleni cieków wodnych nie są obecnie często wykorzystywane na cele energetyczne, ze względu na koszty zbiórki, który w Niemczech wynosi 500 EUR/ha, tj. 20-40 EUR/Mg [9]. Odpady zielone powstające wzdłuż cieków wodnych opłaca się wykorzystywać na cele energetyczne tylko w przypadku, gdy zarządca cieków jest odpowiedzialny za jego konserwację [8].

Ilość biomasy pozyskanej podczas pielęgnacji samych rowów (tj. powierzchni cieków) wynosi 1,1-5,3 kg/m², a niekiedy nawet 17 kg/m² (*Elodeanutatalili*) [23], wilgotność może również znacząco się

różnić dla makrofitów oraz dla terenów przybrzeżnych pokrytych krzakami. Po odwodnieniu biomasę pozyskaną w ten sposób wykorzystuje się do odzysku energii poprzez spalanie, a odciek kierowany jest do biogazowni [22].

Inne tereny zieleni

W sadach trawę pomiędzy drzewami powinno kosić się w celu późniejszego ułatwienia zbiorów owoców, w Niemczech wykonuje się taki zabieg 1-2 razy do roku, a trawę zazwyczaj pozostawia się do mulczowania. Rozważa się, jako rozwiązania na przyszłość, możliwości jej zbierania i wykorzystania na cele energetyczne. Do tego celu niezbędny będzie specjalistyczny tabor samochodowy z specjalną kosiarką na wysięgniku o maksymalnej szerokości koszenia 1,3 m i z tylnym zbiornikiem 4 m³, tak aby następowało zbieranie odpadów na odcinku koszenia min. 1 km. Ilość biomasy pozyskiwana w ten sposób wynosi 6-10 Mg/ha koszenie [9]. Sady są również doskonałym miejscem do pozyskania odpadów zdrewniałych, ich znaczne ilości powstają przy likwidacji nasadzeń oraz podczas cięć pielęgnacyjnych.



Fotografia 12. Przycinanie traw w sadach

Źródło: Landwirtschaftskammer Hamburg (2009)

Podsumowanie przeglądu literatury w zakresie danych wskaźnikowych dotyczących możliwości pozyskania odpadów zielonych przedstawia tabela poniżej. Kolorem ciemniejszym zaznaczono obszary, z których pozyskanie odpadów zielonych na cele energetyczne jest niemożliwe ze względów logistycznych, natomiast rozwiązania takie mogą być brane pod uwagę w perspektywie długoterminowej.

Tabela 5. Wskaźnikowe dane dotyczące możliwości pozyskania odpadów zielonych do produkcji energii

Funkcje zabudowy i zagospodarowania terenu	Symbol	Szerokość koszenia z 1. strony krawędzi jezdni/cieku	Trawniki koszone jako % całkowitej powierzchni			Urobek koszenia wiosenne i jesienne		Urobek koszenia letnie (VI-IX)		Drzewa i krzewy cięte jako % powierzchni		Urobek*
			%	Mg/ha	Mg/ha	%	Mg/ha	%	Mg/ha			
		m	trawiaste			zdrewniałe						
Tereny zieleni leśnej na terenie miast	ZL	-	-	-	-	80%	1,6					
Tereny zagrożone powodzią	ZZ	-	30%	8	4	30%	3,0					
Tereny zieleni urządzonej	ZP	-										
·parki, zieleńce, skwery	ZP-p	-	30%	8	4	30%	3,0					
·park leśny	ZP-l	-	30%	8	4	50%	3,0					
·ogrody botaniczne	ZP-b	-	30%	8	4	30%	3,0					
·ogrody zoologiczne	ZP-z	-	30%	8	4	30%	3,0					
·ogrody jordanowskie	ZP-j	-	30%	8	4	30%	3,0					
·inne tereny zieleni urządzonej	ZP-r	-	30%	8	4	30%	3,0					
Tereny ogródków działkowych	ZD	-	50%	8	4	30%	3,0					
Tereny cmentarzy	ZC	-	20%	8	4	20%	3,0					
Tereny usług sportu i rekreacji	US	-	-	-	-	-	-					
·tereny sportowe z nawierzchnią trawiastą	US-s	-	50%	8	4							
·pola golfowe	US-s	-	69%	12		24%	4,2					
Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego	KK	-										
·dworce, przystanki i inne obiekty związane z ruchem pasażerskim	KKp	-	30%	8	4	20%	3,0					
Tereny zieleni naturalnej	ZN	-	80%	8	4	20%	3,0					
Tereny produkcji rolniczej na terenie miast- sady	R	-	70%	8	4	70%	8,0					
Tereny obiektów i urządzeń transportu lotniczego	KL	-	58%	8	4	n.d.	n.d.					
Tereny obiektów i urządzeń transportu kolejowego	-	-	-	-	-	-	-					
tereny wzdłuż torowisk kolejowych	KK	5	0	0	0	80%	5,0					
Tereny wód powierzchniowych śródlądowych (rzeki, jeziora, stawy, kanały itp.)	WS	2		25	4	70%	0,0					
Tereny nadrzecznej zieleni naturalnej (łęgi nadrzeczne itp.)	ZZ-ZR	3		25	0	70%	6,5					
Tereny zieleni izolacyjnej wzdłuż dróg	ZP-l	-	-	-	-	-	-					
·A - autostrady	KD-A	5	40%	8	4	60%	3,4					
·S - drogi ekspresowe	KD-S	5	40%	8	4	60%	4,1					
·GP - drogi główne ruchu przyspieszonego	KD-GP	5	40%	8	4	60%	4,1					
·G - drogi główne	KD-G	5	40%	8	4	60%	4,1					
·Z - drogi zbiorcze	KD-Z	3	40%	8	4	60%	4,1					
·L - drogi lokalne	KD-L	2	40%	8	4	60%	4,1					
·D - drogi dojazdowe	KD-D	2	40%	8	4	60%	4,1					

Źródło: Opracowanie własne na podstawie przeglądu literatury i konsultacji z ekspertami.

*z tego ok. 25% nadaje się do wykorzystania na cele energetyczne

4. SYSTEMY ZBIÓRKI I GROMADZENIA SELEKTYWNE ZBIERANYCH ODPADÓW KUCHENNYCH, GASTRONOMICZNYCH I OGRODOWYCH

4.1. Systemy selektywnego zbierania w gospodarstwie domowym

W zależności od przyjętego systemu zbiórki odpady kuchenne i ogrodowe są zbierane selektywnie przez mieszkańców do przystosowanych do tego celu kontenerów, mogą to być worki wystawiane przed domem.



Fotografia 13. System składowania odpadów w gospodarstwach domowych, od worka do kontenera, w Szwecji.

Źródło: Kosovska H. (2006).

Poniżej znajduje się lista zagadnień, które były rozważane jako istotne z punktu widzenia poprawności funkcjonowania systemu selektywnego zbierania, z punktu widzenia pojedynczego gospodarstwa domowego. System należy zaprojektować tak, aby wyeliminować niedogodności związane z jego obsługą, takie jak:

obawa przed nieprzyjemnymi (złowonnymi) zapachami, syndrom „brzydzę się tym zajmować”, zbyt duży nakład pracy wymagany do utrzymania czystości (kubły, wiaty śmietnikowe), brak miejsca na ustawienie oddzielnego zbiornika na odpady w kuchni, konieczność znoszenia odpadów na dół, brak możliwości odbioru u źródła przy jednocześnie zbyt dużej odległości do punktu dobrowolnego dostarczania odpadów, zbyt długi okres pomiędzy odbiorami. Natomiast główne oczekiwania mieszkańców w tym zakresie to: brak uciążliwych zapachów podczas przechowywania i zachowanie wysokich standardów higieny [6].

Biorąc powyższe elementy pod uwagę zespół projektowy z Austrii opracował rozwiązanie w którym odpady kuchenne mogą być przechowywane bez uciążliwości zapachowej w nienasiąkliwych, nierozrywanych workach (wykonanych z materiału w pełni rozkładanego na drodze biologicznej) nawet do 2 tygodni, są to jednak informacje bardzo mało wiarygodne w polskich warunkach prawdopodobnie okres ten byłby krótszy [31]. Są to worki o pojemności od 8 do 15 l, wykonane z rozkładalnej kukurydzy, zapewniające odpowiednie warunki do przechowywania odpadów kuchennych- dzięki temu że przepuszczają powietrze następuje redukcja wilgotności składowanych odpadów. Worki papierowe stanowią wsad do specjalnie zaprojektowanych, estetycznych pojemników dla których jednostkowy koszt produkcji to 10 EUR/szt. Przy produkcji masowej powyżej 100.000 szt. rocznie koszt ten spada do 6 EUR/szt. [6].



Rysunek 3. System selektywnej zbiórki odpadów kuchennych, zaprojektowany na podstawie ankietyzacji dot. oczekiwań gospodarstwach domowych w Austrii
Źródło: Wimmer W. i in. (2009).

Zawartości worków o pojemności do kilkunastu litrów (np. 8 litrowe) są następnie magazynowane w większym kontenerze, najczęściej usytuowanym w zacienionym miejscu na zewnątrz budynku (w zabudowie jednorodzinnej) lub w kontenerze podziemnym (w zabudowie wielorodzinnej), z niego są odbierane raz na 1-2 tygodnie przez tabor samochodowy. Kontenery służące do zbierania odpadów poza mieszkaniem muszą spełniać wymagania DIN EN 840-1, kolor zieleń lub brąz. Często wyposażone są we wbudowane w pokrywę systemy filtrowania powietrza oraz napowietrzania zawartości kontenera w celu eliminowania nieprzyjemnych zapachów. Ich wielkość zależy od tego, czy stosowany jest system wspólnego zbierania odpadów kuchennych i ogrodowych.

Przykładowe instrukcje, które udzielane były mieszkańcom w celu poprawy obsługi systemu selektywnej zbiórki to: „*układać gazety na dnie kontenera (zapobiegają przymarzaniu zawartości do kontenera), nie ugniatać zawartości, kontenery powinny być zawsze zamknięte (co chroni przed muchami), kontenerów nie trzymać w domu, ale na zewnątrz w zacienionym miejscu, nie trzymać na mrozie, ale w garażu lub piwnicy*”. Przykładowe instrukcje, które udzielane były mieszkańcom w celu optymalizacji zbiórki traw w celu ich wykorzystania w biogazowni to: „*proszę nie oddawać trawy podsuszanej lub zdrewniałej, tylko trawa zielona, świeżo skoszona*”.

Aby zoptymalizować częstość wywozu, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiednich warunków przechowywania, niekiedy stosuje się zmienną częstotliwość obioru selektywnie zbieranych odpadów kuchennych, tj. w okresie kwiecień-listopad 1 raz w tygodniu, w okresie grudzień – marzec 2 razy w tygodniu [3].

4.2. Systemy zbiórki z terenów zamieszkałych

Odbiór selektywnie zbieranych bioodpadów dokonuje się następującymi metodami:

Metodą, której nazwa pochodzi z języka niemieckiego brzmi *holsystem*, a z języka angielskiego - *kerbside*, polega na selektywnej zbiórce do małych pojemników (lub worków) rozstawionych przy krawężniku w pobliżu domów. Przedsiębiorstwo obsługujące obszar gospodarki odpadami cyklicznie objeżdża osiedla (co 1-2 tygodnie) i zabiera poszczególne asortymenty odpadów komunalnych. Metoda ta jest odpowiednia dla zabudowy jednorodzinnej. Odpady ogrodowe odbierane są



Fotografia 14. System *holsystem* (*kerbside*), pojazd z załadunkiem tylnym i bocznym
Źródło: Bridgwater E., Parfitt J. (2009)

sezonowo, przeważnie w okresie od wiosny do jesieni, co dwa tygodnie.

Do wywozu selektywnie gromadzonych odpadów kuchennych w Wielkiej Brytanii testowano wykonane na zamówienie pojazdy (firmy Preston), analizowane były różne rozwiązania [24]. Przy czym spełnione musiały być następujące warunki brzegowe: niski i wygodny rozładunek, brak zgniatania odpadów kuchennych. Testowane były również samochody kilkukomorowe do odbioru kilku rodzajów odpadów. Pojazdy z załadunkiem bocznym zwykle stosuje się na obszarach o mniejszym zagęszczeniu budynków mieszkalnych i punktów odbioru, co pozwala na ustawienie kontenerów z odpadami w sposób dogodny względem pojazdu, przy krawędzi jezdni [25].

Metoda, której nazwa pochodząca z języka niemieckiego brzmi *bringsystem*, a z języka angielskiego - *drop-off*, polega na selektywnej zbiórce w kontenerach rozstawionych na poszczególnych osiedlach i w uczęszczanej przez mieszkańców przestrzeni publicznej (np. obok sklepów, dworców, szkół). W tej



Fotografia 15. Odbiór odpadów zielonych metodą *bringsystem*

Źródło: VHE e. V., BGK e. V. (2009)

metodzie stosuje się kontenery o większej pojemności, gdyż są przeznaczone do obsługi około 500 mieszkańców. Są to najczęściej grupy kontenerów do selektywnej zbiórki [25]. Zastosowanie znajdą zarówno kontenery naziemne (np. dzwonowe) jak i systemy podziemnego gromadzenia odpadów, opisane w dalszej części opracowania. Droga mieszkańców do tych kontenerów jest dłuższa niż w metodzie *holsystem*, dlatego też jednostkowe ilości (w przeliczeniu na 1 mieszkańca) pozyskiwanych selektywnie zbieranych bioodpadów mogą być mniejsze. Metoda ta znajduje zastosowanie w zabudowie

wielorodzinnej lub zabudowie ekstensywnej, wiejskiej, gdzie z powodu małej gęstości zaludnienia zachęca się mieszkańców do samodzielnego dostarczania wyselekcjonowanych frakcji odpadów do określonych punktów odbioru.

Łatwość dostępu i bliskość do zorganizowanych punktów odbioru są nie mniej ważne niż, inne istotne parametry systemu organizacji to godziny otwarcia oraz dni przyjmowania (największe zainteresowanie jest po godzinach pracy, tj. po 17-ej oraz w weekendy). System funkcjonuje sprawnie, gdy z opłaty odpadowej zwolniona jest pewna określona minimalna ilość, np. może zostać ustanowiony limit 2-5 m³ dla odpadów zielonych [2]. Najwięcej odpadów zdrewniałych powstaje w okresie zimowym luty- marzec (43%) [26]. Czym gęstsza sieć odbioru punktowego (podstawiane kontenery) dla odpadów zielonych, tym większe ilości odpadów udaje się pozyskać od okolicznych mieszkańców. Optymalnie punkty odbioru powinny obsługiwać obszar o powierzchni do 5 km². Obszar obsługi powyżej 10 km² oceniany jest jako zbyt rozległy i nieefektywny [2]. W Niemczech każdy z regionów posiada od 16-27 takich punktów [18]. Większość z nich to średnie punkty odbioru o przepustowości 500-1000 Mg/r. (średnio 530 Mg/r.). Większe instalacje przyjmujące i przerabiające >1000 Mg/r. stanowiły 18,5%, ze średnią przepustowością 1800 Mg/r., jednak przyjmowały większość odpadów zielonych (55%). Resztę stanowiły punkty odbioru o małej przepustowości <500 Mg/r. (ze średnią przepustowością 300 Mg/r.). Z punktów odbioru odpady transportowane są traktorem z

przyczepą o pojemności np. 50 m³ do docelowych miejsc przetwarzania (np. RIPOK) [18]. Zbiórka odpadów zielonych odbywa się zazwyczaj 2 razy do roku [4].

Biodopady (odpady kuchenne i ogrodowe) są odbierane przez specjalistyczny tabor samochodowy. Rozróżnia się pojazdy z załadunkiem tylnym, przednim, hakowe (przystosowane do odbioru odpadów z kontenerów podziemnych) lub bocznym w różnych zmodyfikowanych wersjach, dopasowanych do uwarunkowań lokalnych. Większe ilości odpadów mogą być też ładowane bezpośrednio do ciągnika siodłowego z naczepą samowyładowczą.

Na terenie zabudowy wielorodzinnej lub w zorganizowanych zbiorczych punktach selektywnej zbiórki, do składowania segregowanych odpadów może służyć kontener gromadzący odpady w torbach z tworzywa sztucznego w określonym kolorze (przypisanym danemu rodzajowi odpadów), następnie po odbiorze z punktu składowania worki te są sortowane optycznie (ręcznie bądź automatycznie) [27].

Możliwość samodzielnego oddawania, do punktów docelowego przetwarzania zalecana jest jedynie, jako dodatkowa do sprawnie działających ww. systemów odbioru bezpośredniego. Zaleca się ją tylko dla większych niż standardowe ilości odpadów zielonych, np. dla ilości powyżej 2 m³ lub dla wielkogabarytowych frakcji drewna np. korzeni drzew.

Inne systemy odbioru przy użyciu specjalistycznego sprzętu: są to opisane poniżej systemy odbioru przez wozy asenizacyjne (systemy z szambem osiedlowym), tabor samochodowy do próżniowej zbiórki (systemy pneumatyczne).

4.3. Systemy zbiórki z szambem osiedlowym

W ocenie mieszkańców jednym z głównych powodów braku chęci do uczestnictwa w systemie selektywnej zbiórki jest niedostępność miejsca do przechowywania odpadów kuchennych. Odpowiedzią są tu systemy z wydzielonym szambem osiedlowym, które nie wymagają od mieszkańców podejmowania rewolucyjnych działań w organizacji „życia kuchennego”. Po zmieleniu w młynku koloidalnym, zainstalowanym w zlewie kuchennym, odpady kierowane są do wydzielonej kanalizacji osiedlowej podłączonej do osiedlowego zbiornika (szamba). Są one rozcieńczane (woda z płukania oraz napoje) w proporcji 7,2-19,3 litrów płynu na 1 kg odpadów. Odbiór odpadów w postaci szlamu (po odprowadzeniu cieczy klarownej do kanalizacji) odbywa poprzez podłączenie wozu asenizacyjnego do rur zasysających znajdujących się poza granicami osiedla. Szlam wywozi do docelowego miejsca recyklingu organicznego.



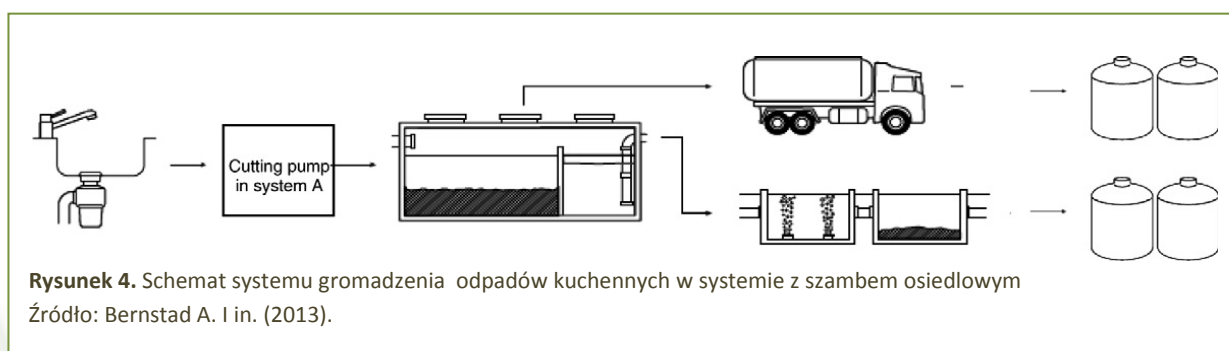
Fotografia 16. Drewno wielkogabarytowe
Źródło: Opracowanie własne

Systemy z szambami osiedlowymi stosowane są w Szwecji, np. w Malmo, gdzie odpady kuchenne odbierane są w jednej lokalizacji formie półpłynnej od 60-u gospodarstw, a w drugiej lokalizacji od 147 gospodarstw oraz powierzchni biurowych. Początkowo odpady kuchenne z ww. dwóch lokalizacji były kierowane bezpośrednio do oczyszczalni ścieków komunalnych, jednak ryzyko osadzenia się w rurach szlamu było zbyt duże. System przeprojektowano więc tak, aby najpierw gromadzić odpady w formie płynnej w specjalnym zbiorniku, a po jego wypełnieniu realizować transport wozem asenizacyjnym bezpośrednio do biogazowni.

W Malmo odpady kuchenne trafiają do osiedlowego zbiornika (dla 60-u gospodarstw zbiornik ten ma objętość 2,7 m³). Zbiornik wyposażony jest w odstojnik, w którym pod wpływem grawitacji następuje rozdział faz zawiesiny na klarowną ciecz oraz na szlam (faza zagęszczona). Ciecz odprowadzana jest w sposób ciągły do kanalizacji miejskiej, natomiast szlam jest wybierany okresowo, z częstotliwością min. raz na 30 dni. Wydłużenie czasu odbioru nie jest zalecane ze względu na możliwość samoczynnej emisji metanu (po 35 dniach możliwe jest wytworzenie się w zbiorniku 3% potencjału produkcji biogazu). Odpady odbierane są przez wozy asenizacyjne o całkowitej pojemności zbiornika do 12 m³ (odbiór szlamu z kilku punktów). Zbiornik osiedlowy powinien być każdorazowo płukany po odbiorze, ponieważ pozostałości szlamu mogą przyspieszać procesy rozkładu beztlenowego w nowej partii gromadzonych odpadów [5].

System z szambem osiedlowym jest obiecującą metodą zbierania odpadów kuchennych, zwłaszcza tam, gdzie na terenie zabudowy mieszkaniowej usytuowane są również punkty gastronomiczne (np. usługi w parterach²). W Polsce punkty gastronomiczne mają zakaz stosowania młynków koloidalnych i doprowadzania odpadów kuchennych do kanalizacji miejskiej (patrz zagadnienia prawne). Jednak odprowadzenie odpadów do wydzielonej kanalizacji osiedlowej w celu ich dostarczenia wozem asenizacyjnym do biogazowni byłoby jak najbardziej uzasadnione [5].

Należy nadmienić ile dodatkowej energii elektrycznej gospodarstwo będzie musiało przeznaczyć na obsługę systemu z młynkiem koloidalnym i szambem³. Całkowity bilans energetyczny obsługi systemu to 3-5% energii zawartej w biogazie wyprodukowanym z odpadów kuchennych (wliczając obsługę systemu osiedlowego plus transport do biogazowni), czyli nie więcej niż w systemach zbiórki odpadów kuchennych w postaci stałej [5].



² Usługi w parterach- termin używany przez urbanistów.

³ Młyniek koloidalny służący do rozdrabniania odpadów kuchennych, zamontowany w zlewie kuchennym oraz pompy zużywają ok. 0,02 kWh/kg odpadów i 2-3 kWh/r. w przeliczeniu na gospodarstwo.

4.4. Systemy zbiórki podziemnej

Systemy zbiórki podziemnej są stosunkowo łatwe do wdrożenia, w przyszłości mają szansę zastąpić nieestetyczne wiaty śmietnikowe, czy kontenery wolnostojące. Oprócz walorów estetycznych zaletą stosowania kontenerów podziemnych jest zmniejszenie zapotrzebowania na miejsce (większa objętość zbieranych odpadów przy takiej samej powierzchni), poprawa estetycznych i higienicznych warunków użytkowania (brak namnażania bakterii i powstawania odorów), mniejsze nakłady pracy personelu na obsługę oraz obniżenie częstotliwości odbioru przez tabor samochodowy (a więc zmniejszenie hałasu, ilości spalin i niszczenia dróg), mniejsze o 30% koszty transportu czy w końcu zabezpieczenie przeciw aktom wandalizmu [28].

Kontenery podziemne najczęściej stosowane są w centrach handlowych, coraz częściej pojawiają się na osiedlach mieszkaniowych zamiast tradycyjnych wiat śmietnikowych [29]. Systemy podziemne stanowią również atrakcyjną alternatywę dla systemów tradycyjnych w miejscowościach o sezonowo zwiększonym ruchu turystycznym (kryterium estetyczne i konieczność zmniejszenia częstotliwości ruchu kołowego). Znajdują zastosowanie na parkingach, wzdłuż tras szybkiego ruchu (pozwala to w znaczący sposób obniżyć częstotliwość odbioru odpadów, a więc zmniejszyć koszty logistyki). Najbardziej znanym producentem kontenerów podziemnych jest fińska firma Molok [29]. Oprócz firmy Molok na rynku dostępne są produkty również innych producentów: SULO, HN-Logisticsystems, Otto/ESE (UK), Silo (Finlandia), USEO, SOTKON, Sanec, Bauer GmbH stworzył z Silo grupę Vedaia Environment [29], [28], [30].

Odpowiednia temperatura do przechowywania zawartości kontenera zapewniona jest dzięki umieszczeniu 75% wysokości kontenera pod ziemią, oprócz tego kontenery te wyposażone są w system wentylacji oraz zbierania odcieków. W Polsce nie istnieją normy odnośnie wymaganej temperatury przechowywania odpadów kuchennych, poza wymaganiami stawianymi



Fotografia 18. System odbioru odpadów zgromadzonych w kontenerach podziemnych
Źródło: Kaliampakos D., Benardos A. (2013)



Fotografia 17. Montaż, użytkowanie i utrzymanie w czystości czyszczenie kontenerów podziemnych
Źródło: Molok, <http://www.molok.com>

magazynowaniu odpadów w postaci pozostałości z żywienia pacjentów. Analiza tych przepisów prawa pozwala na stwierdzenie, że wydłużenie okresu gromadzenia odpadów kuchennych jest możliwe przy zachowaniu temperatury do 10 stopni C [31]. Zapewnione powinny być warunki przechowywania takie, aby zapobiec samoistnemu rozkładowi zbieranych odpadów w warunkach beztlenowych (dla fermentacji w warunkach psychrofilowych temperatura ta wynosi 25 st. C [32]. W takich warunkach bakterie są stymulowane do produkcji biogazu, co stwarza zagrożenie zatrucia oraz wybuchem. Podziemne gromadzenie odpadów, powinno zapewniać zabezpieczenie przed ww. zagrożeniami, kontenery powinny być wyposażone w system grawitacyjnej wentylacji, gdzie cieplejsze powietrze unosi się ku górze a gromadzone odpady chłodzone są od dołu.

Projektowanie kontenerów podziemnych do zbierania odpadów kuchennych polega w głównej mierze na modelowaniu zależności pojemności kontenera od częstości obioru. Im kontener większy, tym odpady mogą być wywożone rzadziej, a tym samym spadają koszty obsługi systemu selektywnej zbiórki. System Molok oferuje kontenery o pojemności 0,3+ 0,8 + 1,3+ 3,5 m³, wykonane są one z politetylenu o wysokiej gęstości HDPE. Budowa stożkowa kontenera zwiększa jego odporność na ciśnienie wywierane przez masy ziemi czy wody podziemne. Rozładunek jednego kontenera za pomocą pojazdu wyposażonego w specjalny żuraw zajmuje ok. 2 minuty [29].



Fotografia 19. Kontenery podziemne firmy Molok. w tym Biosystem dedykowany na bioodpady 750 l, pojemnik na odcieki 50 l

Źródło: Molok. <http://www.molok.com>

4.5. Pneumatyczne systemy zbiórki

Systemy AVAC (AWCS) są to systemy próżniowe do automatycznego zasysania odpadów (*automatic waste collection systems*). Są rozwiązaniami o wiele bardziej zaawansowanymi technologicznie niż przedstawione wcześniej kontenery podziemne. Do ich niewątpliwych zalet należą wyższe standardy higieny i bezpieczeństwa, niezależność od warunków pogodowych (np. śnieg), 2-3 krotnie mniejsze koszty zbiórki np. w krajach gdzie przez dużą część roku zalega śnieg. System pneumatyczny (zwany również próżniowym) polega na zbieraniu odpadów w podziemnych kontenerach znajdujących się bezpośrednio pod punktami wrzutu, a następnie okresowemu zasysaniu (podciśnienie 40 kPa w 10 sekund) ich zawartości przez tabor samochodowy (systemy mobilne) lub dmuchawy usytuowane w zbiorczej stacji odbioru (systemy stacjonarne). W zbiorczej stacji odbioru dmuchawy zasysające włączane są kilka razy dziennie [33].

Pojedyncze punkty wrzutu, będące częścią składową systemu projektowane są zazwyczaj dla 100-150 gospodarstw domowych [29]. Poszczególne odpady można umieszczać w punktach wrzutu w różnokolorowych workach, wtedy w zbiorczej stacji odbioru, wyposażona w czytnik, kamera optycznie wyselekcjonuje odpady i skierowane zostaną do odpowiednich kontenerów. System optycznej selekcji worków stosowany jest przykładowo w Oslo w Norwegii [34].

Systemy pneumatyczne dzielimy na stacjonarne i mobilne. W systemach mobilnych odpady są magazynowane w tymczasowych kontenerach podziemnych pod punktami wrzutu i odsysane automatycznie w momencie, gdy tabor samochodowy załączy dmuchawę zasysającą. Tabor samochodowy wyposażony jest w specjalną wagę, która umożliwia dokładny pomiar ilości odpadów pobranych z danego osiedla. Systemy mobilne są stosowane w apartamentowcach (małe osiedla), centrach handlowych i na lotniskach [28], [35].



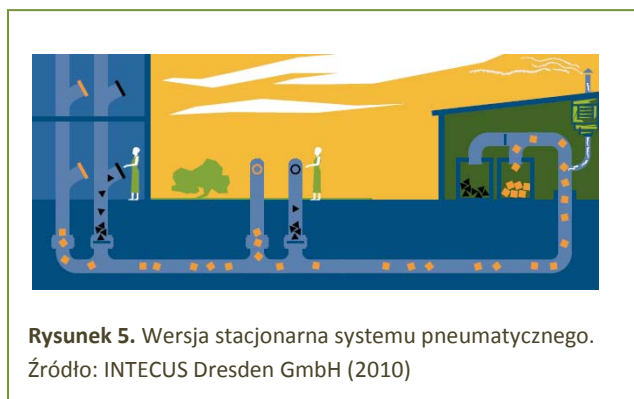
Wembley w Londynie, 252 punktów wrzutu, 4 frakcje (pojemnik zielony- odpady kuchenne)



Sjöstad, Sztokholm, Szwecja, 3 frakcje w tym 1 organiczna, 20 000 mieszkańców, 457punktów wrzutu

Fotografia 21. Punkty wrzutu różnych frakcji selektywnie zbieranych odpadów komunalnych (w tym bioodpadów)
Źródło: Envac (2013), <http://www.envacgroup.com/>

Systemy stacjonarne wiążą się z budową centralnej stacji odbiorczej o powierzchni ok. 400 m² zlokalizowanej na peryferiach osiedla (w odległości maksymalnie 2 km od najbardziej odległego punktu wrzutu). Kontenery wyposażone są w czujniki napełnienia, co optymalizuje system opróżniania, gwarantując również optymalne wykorzystanie powierzchni stacji odbioru. Poprawność funkcjonowania wszystkich elementów systemu, np. włączanie dmuchaw, informowanie o zatykaniu rur, sterowana jest przy pomocy automatycznego systemu kontroli, znajdującego się w budynku zbiorczej stacji odbioru [30].



Rysunek 5. Wersja stacjonarna systemu pneumatycznego.
Źródło: INTECUS Dresden GmbH (2010)

Odpady w zbiorczej stacji odbioru i gromadzone są w kontenerach o pojemności 30 m³, następnie sukcesywnie wywożone do docelowych miejsc przetwarzania. Kontenery otwierane są jedynie w momencie odbioru, cały układ jest szczelny, co gwarantuje higienę i bezpieczeństwo użytkownika. Częstość odbioru waha się od kilku razy dziennie do raz na 3-y tygodnie, w zależności od rodzaju odpadów (dla odpadów

kuchennych co 1- 2 tygodni) [30]. Pomiędzy okresami zasysania system jest dodatkowo przedmuchiwany w celu eliminacji ewentualnych zanieczyszczeń.

Rury zasysające mają zazwyczaj średnicę ok. 0,5 m i wykonane są ze stali nierdzewnej, o grubości blachy 5 mm, a przy zbiorczej stacji odbioru grubość dochodzi nawet do 25 mm, dodatkowo stosuje się spawy wzmacniające w zgięciach. Mogą to być dwa osobne rurociągi, jeden na bioodpady, drugi na pozostałe. Natomiast system Metro Tajfun stosuje opatentowane rozwiązanie polegające na zastosowaniu mniejszych średnic rur oraz dmuchaw zasysających o mniejszej mocy [36].

Odbieranie odpadów ma miejsce w trzypiętrowym budynku, najwyższy poziom przeznaczony jest na 4 dmuchawy ssące z kompresorem powietrza (każda o mocy elektrycznej 90 kW), kolejne piętro to centrum zarządzania. Najniższe piętro wyposażone jest w kontenery zbiorcze, do których trafiają odpady (3x30 m³), ich pojemność pozwala na przechowywanie odpadów przez 3 dni.



Fotografia 22. Dmuchawy zasysające zastosowane w Roosevelt Island, Stany Zjednoczone wytwarzające podciśnienie
Fot. Chris Payne
<http://archpaper.com/news/articles.asp?id=5881>

Pneumatyczne systemy zbiórki i odbioru odpadów znane są od lat 60-70-tych ubiegłego wieku (systemy szwedzkie, system Roosvelt Island w Nowym Jorku) [28]. Jednak dopiero ostatnio stają się bardziej popularne, choć stosowane są tylko w wybranych lokalizacjach takich jak historyczne centra miast, ekskluzywne, nowoczesne osiedla, centra handlowe, lotniska, szpitale.

Obiekty demonstracyjne (tzn. pokazowe, po raz pierwszy zastosowane) można spotkać również na skandynawskich osiedlach, główną motywacją dla wdrożenia właśnie tej technologii jest łatwość obsługi systemu w trudnych warunkach pogodowych (śnieg w krajach nordyckich). Skala realizacji inwestycji to osiedle lub teren zabudowy mieszkaniowej o minimalnej ilości 500 gospodarstw, jednak systemy takie na świecie obsługują tereny zamieszkałe nawet przez 20 tys. mieszkańców. Przykładem rozwiązania jest projektowane miasteczko w Tampere and Lempäälä w Finlandii na 13 tys. mieszkańców i 5 tys. pracowników biurowych [36].

MariMatic opracował system Metro Tajfun, jest to najbardziej nowoczesne rozwiązanie wyposażone w układ pętli, które podłączone są do centralnej stacji odbioru. Równocześnie jest to system o wiele bardziej efektywny energetycznie od systemów stosowanych dotychczas, typu "drzewo" z jedną centralną rurą i wieloma odgałęzieniami. System taki będzie zbudowany dla 3 000 mieszkańców w Vällingby Parkstad w Szwecji do 2017 r. [36].

Zalety systemów pneumatycznych są niewątpliwe: poprawa estetyki, higieny i atrakcyjności użytkowania infrastruktury technicznej, likwidacja uciążliwości związanej z taborem samochodowym (hałas, spaliny, niszczenie nawierzchni); czy w końcu oszczędność miejsca, które może być zagospodarowane w inny sposób [30]. Rozwiązanie to ma również wady- są to wysokie nakłady inwestycyjne oraz trudność integracji z istniejącą infrastrukturą techniczną. Koszty inwestycji zmniejszą się o 20%, jeżeli budowę systemu pneumatycznego połączymy z innymi pracami ziemnymi [30] lub też, gdy rozwiązanie to zostanie uwzględnione już na etapie projektowania nowego osiedla. Obniżenie nakładów inwestycyjnych jest możliwe przez wykorzystanie korytarzy technicznych, pod warunkiem, że istnieją na danym terenie [28].

Do wad należy zaliczyć również niemożność objęcia systemem wszystkich odpadów, np. wielkogabarytowych, a inne pozostają problematyczne (np. szkło czy metal mogą uszkodzić rury). Okres zwrotu inwestycji to ok. 10-12 lat, przy jednoczesnych niewątpliwych korzyściach środowiskowych i innych wartościach dodanych.



Tabela 6 Wady i zalety systemu pneumatycznego

Zalety	Wady
Minimalne koszty operacyjne i potencjalnie duże oszczędności w perspektywie długookresowej.	Konieczność przeprowadzenia, kosztownych ziemnych robót budowlanych.
Prawie wszystkie rodzaje odpadów komunalnych mogą być w ten sposób zbierane.	Brak możliwości odbioru odpadów wielkogabarytowych, zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego i szkła.
System elastyczny, łatwe dostosowanie do lokalnych warunków na etapie projektowania.	Możliwości wprowadzenia zmian projektowych do raz uruchomionego systemu są niewielkie
Eliminacja ruchu kołowego na wewnętrznej przestrzeni.	Nie eliminuje się całkowicie konieczności używania taboru samochodowego.
Wylimitowanie problemów z taborem samochodowym - hałasem, estetyką wiat śmietnikowych, zanieczyszczeniami, nieprzyjemnymi zapachami.	Sporadyczne problem z blokowaniem się orurowania.
Wolna przestrzeń, która powstaje po usunięciu wiat śmietnikowych, może być zagospodarowana w inny sposób.	Konieczność edukacji i bardzo dobrej współpracy mieszkańców przy obsłudze systemu.
Zwiększenie się bezpieczeństwa (mniej wypadków) i higieny pracy.	Wymagane zatrudnienie wykwalifikowanego personelu.

Źródło: [28]

Pierwszy raz system pneumatycznego zbierania odpadów zastosowano w Szwecji w latach 60-ych ubiegłego wieku; a w USA na Roosevelt Island w Nowym Jorku (lata 70-e XX wieku), o przepustowości 18 ton odpadów na godzinę (Mg/h). Przesłanką do zastosowania systemu była bardzo gęsta sieć ulic uniemożliwiająca odbiór odpadów w tradycyjny sposób. Zimą 2010 roku (bardzo duże opady śniegu) system jako jedyny w stanie Nowy Jork nie miał problemów z odbiorem odpadów, podczas gdy w innych lokalizacjach było to niemożliwe ze względu na zalegający na ulicach grubą warstwą śnieg. Inne przykłady osiedli wyposażonych w taki system to Södra Station (rejon dworca południowego w Sztokholmie) 3 240 gospodarstw oraz 3 biurowce, 178 punktów wrzutu czy Västra Sjöstad – 2 095 mieszkańców [28].

Barcelona Olympic Village to obszar o powierzchni 8 ha, 300 tys. m² powierzchni mieszkalnej, 3 tys. nowych gospodarstw (w perspektywie 5 tys.). Odpady (w tym kuchenne) zbierane są 2 razy dziennie, ilość cykli jest zaprogramowana i możliwa jest zmiana częstotliwości cykli zasysania, w momencie gdy do systemu podłączone zostaną nowe puby, restauracje, domy handlowe. Częstotliwość cykli zasysania może być zmienna i zwiększać się lub zmniejszać w określonych dniach tygodnia. Przykładem systemowego rozwiązania jest instalacja zlokalizowana w historycznym centrum zabytkowego, hiszpańskiego miasta Leon, która obejmuje obszar o promieniu 1,3 km obsługując 4 000 mieszkańców, 150 barów i restauracji. Odpady kuchenne i gastronomiczne z tego terenu to 10 Mg/dobę. Nakłady inwestycyjne wyniosły 5,2 MEUR, koszty eksploatacyjne 100 tys. EUR/rok. Inne hiszpańskie miasta posiadające takie systemy to Palma de Mallorca, Vitoria, Sevilla Gran de Gracia [37].

Systemy pneumatyczne mobilizują mieszkańców do selektywnej zbiórki odpadów. W niektórych miejscach wprowadzono zasadę „płacisz tyle, ile śmieciisz”, co oznacza że punkty odbioru wyposażone są w elektroniczne chipy lub systemy RFID, dzięki czemu automatycznie naliczana jest opłata za pobrane odpady [30].

5. OPTIMALIZACJA

Jak zwiększyć zainteresowanie mieszkańców i ich akceptację dla selektywnej zbiórki?

Poziom uczestnictwa mieszkańców w procesie selektywnej zbiórki był analizowany w kilku krajach UE (Niemcy, Wielka Brytania, Szwecja, Austria). Zazwyczaj na terenie zabudowy wielorodzinnej procentowo uczestniczyło mniej mieszkańców niż w zabudowie jednorodzinnej. Dla warunków brytyjskich poziom partycypacji w zabudowie wielorodzinnej wynosił 25%, natomiast w zabudowie jednorodzinnej 70%. W warunkach szwedzkich w selektywnej zbiórce uczestniczyło 72-79% gospodarstw w zabudowie jednorodzinnej i 22-45% w zabudowie wielorodzinnej [5], [2], [24].

Niski poziom uczestnictwa spowodowany był również tym, iż niektóre gospodarstwa nie przygotowują głównego posiłku w domu i stołują się „na mieście”, co zmniejsza ilość odpadów selektywnie zbieranych. Zauważalny był efekt nowości, bezpośrednio po wdrożeniu procesu selektywnej zbiórki jednostkowa ilość pozyskiwanych odpadów kuchennych była znacznie większa niż w późniejszych okresach. Ankiety przeprowadzone po kilku miesiącach od zainicjowania systemu pokazały, że początkowe obawy dotyczące higieny (obawa przed szczurami czy odorami) czy niesprawną organizacją (brak odbioru, brak worków, zmiana wyznaczonego dnia odbioru) okazały się nieuzasadnione [24].

Możliwe jest podjęcie różnorodnych zabiegów organizacyjnych zwiększających poziom uczestnictwa mieszkańców. Znaczenie ma tu zapewnienie odpowiednich zbiorników do selektywnej zbiórki. W przypadku odpadów kuchennych zamiast tradycyjnie stosowanych worków tworzywowych preferowane są nierozrywalne worki papierowe umieszczone w specjalnie zaprojektowanych pojemnikach. Zaleca się organizację systemów zbiórki w określonym dniu [6]. Wprowadzenie systemu identyfikatorów [10] może być czynnikiem motywującym mieszkańców do większej staranności przy selektywnej zbiórce. Firmy wprowadzają różnego rodzaju systemy detekcji nieprawidłowości, np. metody wykrywania metali ciężkich zanieczyszczających frakcję „bio” [3]. Do utrzymania ciągłości zbiórki pod względem określonej ilości i jakości odpadów, ważne jest określenie poziomu kary za nieprzestrzeganie regulaminu zbiórki.

Pozyskaniu bioodpadów z terenów zamieszkałych powinna towarzyszyć odnawiana co parę miesięcy akcja edukacyjno-uświadamiająca [3]. Mieszkańcy obawiają się problemów z uciążliwymi zapachami oraz z zachowaniem standardów higienicznych. Metodą postępowania z mieszkańcami jest instruowanie i edukacja, systemy nakazowe przynoszą zazwyczaj odwrotny skutek i zniechęcają [2]. W Austrii hasła marketingowe, które najbardziej zachęcały mieszkańców do uczestnictwa w procesie selektywnej zbiórki to: ekologia, trwałość, odpowiedzialność za przyszłe pokolenia [6].

Optymalizacja polega na zwiększeniu ilości selektywnie zbieranych odpadów, przy równoczesnym zachowaniu odpowiedniej ich jakości (zmniejszenie ilości zanieczyszczeń, w warunkach niemieckich przyjęto że warunkiem brzegowym jest maksimum 5% innych frakcji) [4]. W segregowanych odpadach kuchennych w Wielkiej Brytanii poziom zanieczyszczeń zazwyczaj nie przekraczał 0,5% [38], w Niemczech było to 1-3%. Na terenach wiejskich mniej było zanieczyszczonych selektywnie zbieranych bioodpadów.

W Polsce nie występuje zjawisko społecznej presji ekologicznej, co ma miejsce w krajach o bardziej dojrzałych systemach demokracji. W związku z tym trudniej jest wdrożyć i zaprojektować

jakiegokolwiek innowacyjne rozwiązania technologiczne z zakresu ochrony środowiska [39]. Wobec tego przedsiębiorstwo zainteresowane wdrożeniem zaproponowanych w niniejszej publikacji rozwiązań powinno poświęcić o wiele więcej uwagi na tłumaczenie i informowanie przyszłych uczestników systemu (są nimi nie tylko mieszkańcy, ale także projektanci, wykonawcy, deweloperzy, administratorzy osiedli) niż to ma miejsce w podanych przykładach niemieckich, austriackich czy brytyjskich.

Tabela 7 Możliwość optymalizacji systemu zbiórki w celu zwiększenia ilości zbieranych odpadów lub/i poprawy jakości (zmniejszenia procentowego udziału zanieczyszczeń)

Możliwość optymalizacji		Zwiększenie ilości	Poprawa jakości
Funkcja zabudowy i zagospodarowania terenu	Centrum miasta i tereny silnie zurbanizowane		
	Tereny zurbanizowane poza ścisłym centrum, zabudowa wielorodzinna		
	Przedmieścia lub małe miasta, zabudowa jednorodzinna	+	++
	Obszary niezurbanizowane (wiejskie)	+	++
Obowiązek uczestnictwa w systemie	Obowiązek z wyłączeniem możliwości wykorzystania w przydomowym kompostowniku		+
	System dobrowolnego uczestnictwa		++

Źródło: [10]

++	Duże możliwości optymalizacji
+	Średnie możliwości optymalizacji
	Nie odnotowano możliwości optymalizacji

Na poziom uczestnictwa mieszkańców wpływa, m.in. wysokość opłaty odpadowej- tam gdzie była ona niska mieszkańcy chętniej uczestniczyli w procesie selektywnej zbiórki. Jednak należy podkreślić, że nie istnieje gotowy przepis na optymalną wysokość opłaty odpadowej, zalecane jest wykonanie oddzielnych badań dla poszczególnych lokalizacji [2]. W niektórych miejscach możliwe było zredukowanie opłaty do zera, jednak nie wpłynęło to na zwiększenie poziomu pozyskiwanych bioodpadów [10]. Nie zaleca się, aby była ona zbyt niska, ponieważ stanowi ona swojego rodzaju bodziec do podejmowania przez mieszkańców czynności selektywnej zbiórki. Z drugiej strony odradza się nakazowe podejście – tam, gdzie miało ono miejsce odnotowano wzrost zanieczyszczeń substancjami nie nadającymi się do dalszego przetwarzania.

Optymalizacja logistyki odbioru

W warunkach niemieckich firmy zajmujące się selektywną zbiórką i odbiorem odpadów kuchennych uważają, że warunki brzegowe dla opłacalności prowadzenia działalności gospodarczej w tym obszarze to [4], [3]:

- poziom uczestnictwa min. 70%-75%,
- poziom zanieczyszczeń niepożądanymi substancjami nie przekracza 3% masy segregowanych bioodpadów,
- jednostkowe ilości selektywnie zbieranych odpadów kuchennych i ogrodowych (tzw. biotona) wynoszą min. 50 kg/M/r. dla terenów wysoce zurbanizowanych, 80 kg/M/r. dla terenów przedmieść i małych miast, 120 kg/M/r. dla terenów wiejskich (zupełnie inaczej proporcje te układają się dla odpadów zmieszanych, o tym jednak nie traktuje niniejszy podręcznik).

Tabela 8 Możliwość pozyskania selektywnie zbieranych odpadów kuchennych i ogrodowych z terenów o różnej funkcji zabudowy i zagospodarowania terenu

	Gęstość zaludnienia M/km ²	Ilość odpadów kuchenne i ogrodowe kg/M/r.	Poziom partycypacji
Centrum miasta i tereny silnie zurbanizowane	>1 750	23-58 (śr 38)	22-45%
Tereny zurbanizowane poza ścisłym centrum, zabudowa wielorodzinna	750-1 750	10-130 (śr. 72)	
Przedmieścia lub małe miasta, zabudowa jednorodzinna	150-1 000	58,4-77,9 (śr. 58)	70-79%
Obszary niezurbanizowane (wiejskie)	<150	30-90 (śr. 82)	70-79%

Źródło: [1], [2], [3]

Tereny zurbanizowane o dużej gęstości zaludnienia dominuje tu typ zabudowy wysokościowej lub kamienicznej 2-6 piętrowej, charakteryzują się niewielkim dostępem do miejsca czasowego magazynowania odpadów (małe kuchnie jak i gęsta zabudowa); co jest głównym czynnikiem wpływającym na niski poziom partycypacji mieszkańców. W zabudowie wysokiej dominują zsypy (choć obecnie coraz rzadziej stosowane) na odpady zmieszane na każdym piętrze, co uniemożliwia efektywną organizację zbiórki. Dlatego nie zaleca się wprowadzania systemu selektywnej zbiórki dla odpadów kuchennych w zabudowie wielorodzinnej w centrach miast, gdzie gęstość zaludnienia przekracza 1000 M/km².

Nie zaleca się organizacji selektywnej zbiórki na terenach silnie zurbanizowanych, tam gdzie brak jest zazwyczaj miejsca dla ustawiania oddzielnych pojemników na odpady kuchenne oraz niemożliwe jest zachowanie odpowiednich standardów higieny (gryzonie, owady). Selektywna zbiórka odpadów kuchennych będzie utrudniona również w zabudowie wielorodzinnej wysokiej, w której występuje ryzyko niskiego uczestnictwa mieszkańców [1], [2], [3].

W zabudowie znajdującej się na przedmieściach miast lub w mniejszych miejscowościach gęstość zaludnienia jest mniejsza, dominuje zabudowa jednorodzinna zwarta, ale obecne są też niższe budynki wielorodzinne (3-6 kondygnacji, o wysokości 12-25 m). Zazwyczaj dostępne jest miejsce do czasowego magazynowania odpadów z gospodarstw domowych, jak również istnieje możliwość ich odbioru. Na tych terenach udaje się osiągnąć zadawalający poziom uczestnictwa mieszkańców (powyżej 70%). Są to tereny posiadające najkorzystniejsze warunki dla pozyskania bioodpadów i stanowią docelowy teren prowadzenia selektywnej zbiórki. W zabudowie jednorodzinnej, szeregowej na małych działkach (poniżej 500 m²) często brak jest miejsca od ustawiania oddzielnych pojemników do segregacji, z drugiej strony na tak małych działkach brak jest możliwości prowadzenia własnego kompostownika co zwiększa możliwość pozyskania selektywnie zbieranej frakcji bioodpadów. Ze względu na powyższe każda lokalizacja musi być analizowana oddzielnie.

W zabudowie wiejskiej, rozproszonej koszty organizacji logistyki i odbioru bezpośrednio u źródła są wysokie, ponadto na tych terenach stan dróg nie pozwala zazwyczaj na organizację sprawnego odbioru odpadów w miesiącach zimowych. Obecna jest również silna tradycja zagospodarowywania bioodpadów w przydomowych kompostownikach, tak więc ich selektywna zbiórka z terenów o gęstości zaludnienia poniżej 150 M/km² nie ma sensu z ekonomicznego punktu widzenia. Opłacalność zbiórki w dużej mierze zależy będzie od kosztów transportu. Dla terenów wiejskich, poniżej pewnej wartości gęstości zaludnienia selektywna zbiórka nie jest opłacalna, zaleca się raczej oddzielanie frakcji roślinnej z odpadów kuchennych i kierowanie jej do przydomowych kompostowników zwłaszcza tam, gdzie występuje długoletnia tradycja zagospodarowywania

bioodpadów w ten właśnie sposób. Na terenach wiejskich czasami dopuszczalne jest również palenie gałęzi (np. w woj. mazowieckim zgodnie z WPGO).

Dla terenów o małej gęstości zaludnienia możliwe będzie również wywożenie selektywnie zbieranych odpadów kuchennych razem z innymi odpadami pochodzenia komunalnego, do tego niezbędne będzie posiadanie odpowiednio przystosowanego taboru samochodowego z wydzielonymi komorami [3].

Bioodpady mogą być przywożone przez samych mieszkańców do punktów selektywnej zbiórki (tzw. bringystem). W takim systemie uczestnicy selektywnej zbiórki mogą zostać wyposażeni w karty chip, po wrzuceniu bioodpadów naliczany jest na kartę specjalny bonus, do odebrania np. w lokalnych punktach handlowych w postaci darmowych nowych worków [6]. Na terenach słabo zaludnionych



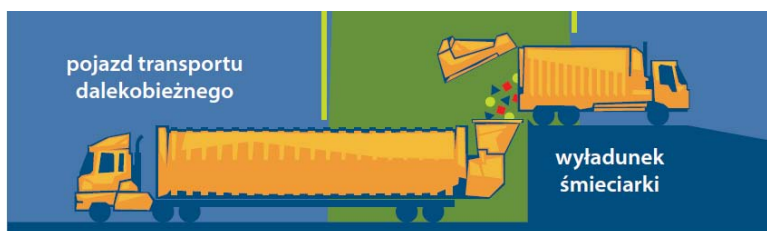
Fotografia 23. Śmieciarka NTM Quatro 8,5 t z oddzielnymi 4 komorami do selektywnej zbiórki odpadów. (9,4 + 4,8 + 4,4 + 2,1 m³) Źródło: <http://www.ntm.fi/>

zbieranie bioodpadów za pośrednictwem punktów przyulicznej zbiórki zwiększa częstotliwość odbioru, usprawnia proces logistki i uzasadnia ekonomicznie organizację systemów zbiórki [4].

Na terenach wiejskich zaleca się wykorzystywanie systemu samodzielnej zbiórki lub specjalistycznego sprzętu posiadającego oddzielne komory do zbierania różnych rodzajów odpadów.

Kiedy zastosować przeładunek przewożonych bioodpadów?

Tam gdzie odległości pomiędzy punktem odbioru bioodpadów a instalacją ich przetwarzania są zbyt duże zaleca się tworzenie punktów przeładunkowych (bezpośredni transport pojazdami zbierającymi odpady byłby kosztowniejszy od sumarycznych kosztów przeładunku i transportu dalekobieżnego). Zastosowanie stacji przeładunkowych pozwala efektywniej wykorzystać pojazdy specjalistyczne do odbioru odpadów, choć stacje przeładunkowe mają zastosowanie raczej w



Rysunek 7. Przeładunek z mniejszego samochodu do większego
Źródło: INTECUS Dresden GmbH (2010)

przypadku odpadów zielonych. Transport dalekobieżny za pomocą ciągników siodłowych jest bardziej ekonomiczny [25].

Mniejszy tabor samochodowy odbiera odpady żywności od gospodarstw (punkt A) zawożąc je do stacji przeładunkowej (punkt B), stamtąd większe ilości zabierane są do docelowego punktu przetwarzania (punkt C). Systemy takie stosowano w Wielkiej Brytanii, gdy czas dowożenia pomiędzy punktem A i punktem C przekraczał 0,5 h. Taki system transportu odpadów nazywany jest również systemem dwustopniowym i zalecany jest także wówczas, gdy odległość między punktem A i C przekracza 30-50 km [24]. Do optymalizacji logistyki odbioru i transportu odpadów kuchennych można posłużyć się danymi z Wielkiej Brytanii: śmieciarka o dopuszczalnej masie całkowitej 7,5 t w czasie jednego kursu jest w stanie obsłużyć 1 300-1 400 gospodarstw, przy czym do obsługi konieczna jest obecność 2 osób personelu. Założono 6 h czas pracy, pozostały czas pracy personelu przeznaczony jest na zabiegi organizacyjne [24].

Do transportu bioodpadów z punktu przeładunkowego jest zazwyczaj wykorzystywany ciągnik siodłowy z naczepą w zamkniętej obudowie. Na stacji przeładunkowej, wspomniany pojazd jest wyposażony w system pras w naczepie tak, aby zwiększyć gęstość nasypową przewożonego przewożonych odpadów, a więc opłacalność transportu.

Optymalizacja logistyki

Organizacja logistyki zależy w dużej mierze od formy i gęstości nasypowej bioodpadów. Gęstość nasypowa odpadów kuchennych i gastronomicznych waha się w granicach 250-1000 kg/m³, w



Przeładunek odpadów kuchennych



gastronomicznych



zielonych

Fotografia 24. Stacje przeładunkowe dla różnych rodzajów bioodpadów.

Źródło: 1) Bridgwater E., Parfitt J. (2009)

2) http://forum.bauforum24.biz/forum/uploads/2009/01/post-1166-1232960820_thumb.jpg/ Zup_artik

zależności od źródła ich pochodzenia. Wartości zalecane do przyjmowania do obliczeń to 850 g/m³ dla odpadów gastronomicznych z dużych kuchni oraz 450 kg/m³ z mniejszych punktów gastronomicznych oraz dla odpadów kuchennych z terenów zamieszkałych. Odpady kuchenne i ogrodowe z terenów wiejskich charakteryzowały się gęstością nasypową 450 kg/m³, a z terenów miejskich 850 kg/m³ [24], [11]. Odpady gastronomiczne często poddaje się sprasowywaniu.

Gdy trawa nie jest zbierana na kiszonkę, optymalnym (dla logistyki odbioru) rozwiązaniem byłoby pozostawienie jej przez parę dni do podsuszenia. Nie zawsze będzie to możliwe ze względu na wymagania zleceńodawców (stosowany często wymóg zgrabiania bezpośrednio po koszeniu). W celu optymalizacji kosztów logistyki odpadów zdrewniałych można stosować zrębkowanie na miejscu. Odpady zdrewniałe nie zawsze jednak rozdrabnia się na miejscu, dlatego ważna jest ocena ich gęstości nasypowej [9], [40]. Informacje te służą do obliczania częstości odbierania bioodpadów oraz do określenia pojemności taboru samochodowego i zużycia paliwa. Gęstość nasypowa bioodpadów zielonych, zdrewniałych pociętych wynosi: 0,4-0,6 Mg/m³, odpadów zielonych z pielęgnacji zieleni przyulicznej 0,8 Mg/m³, a świeżych zrębków drzewnych 0,35 Mg/m³[41], [42]

Tabela 9 Wskaźniki do obliczania gęstości nasypowej dla różnego rodzaju bioodpadów pochodzenia komunalnego

Bioodpady	Masa [Mg] ⇒ Objętość [m ³]	Objętość [m ³] ⇒ Masa [Mg]
Odpady zielone	x 6,7	x 0,15
Liście	x 5,3	x 0,19
Pokos trawy	x 2,60	x 0,39
Odpady kuchenne	x 1,60	x 0,63
Biotona	x 3,0	x 0,33
Kompost	x 1,67	x 0,60

Źródło: [43]

W przypadku transportu należy zwrócić uwagę na gęstość nasypową transportowanych bioodpadów. Przykładowo, gdy dostawa biomasy jest opłacana za równowartość pojemności kontenera, na miejscu zbiórki kontener może być wypełniony po brzegi, natomiast w czasie transportu jego gęstość zwiększy się po otwarciu się kontenera u odbiorcy końcowego, np. elektrociepłowni może okazać się, że na miejsce dotarł kontener napełniony tylko częściowo w 90%) [44].

Odległość dowożenia odpadów zielonych nie powinna przekraczać 20 km [4], choć w praktyce bioodpady zbierane są z odległości nawet do 70 km. W Niemczech porównano możliwość pozyskania energii z odpadów zielonych z nakładami energetycznymi na ich transport. Analiza dla Hamburga wykazała, że przy dowożeniu z odległości 20 km, transport pochłania 1-5% energii zawartej w materiale organicznym (1-2% dla odpadów trawiastych, 5% dla zdrewniałych) [9] podczas, gdy dla gazu ziemnego i oleju opałowego wartość ta wynosi aż 10% [44]. Koszty transportu w dużej mierze zależą zarówno od ładowności taboru samochodowego, jak i od aktualnych cen paliw. Zużycie paliwa przez ciężarówkę o ładowności 0,5 Mg to średnio 25 l/100 km, a dla ciągnika siodłowego z naczepą 10 Mg to 40 l/100 km [9].

Tabor samochodowy stosowany do odbioru bioodpadów gastronomicznych to przykładowo samochód 380PS o tonażu 14,5 ton, wyposażony w prasę i system mycia kontenerów [11].

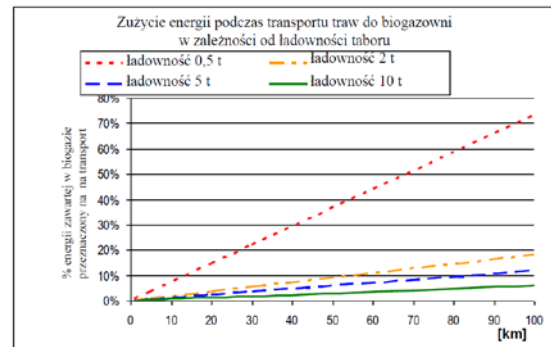
Tabela 10 Czas różnych czynności związanych z odbiorem bioodpadów

Kontenery	Czas dojazdu min.		Opróżnianie i mycie
	Tereny miejskie	Tereny wiejskie	
120-240 l	0,2	1,1	1,0
9-120 l	0,2	1,0	0,9
60 l	0,1	0,5	0,4
Worki papierowe 8 l	0,1	0,4	0,3

Źródło: [11]

Kiedy opłaca się zbierać selektywnie?

Opłaty za dostarczenie 1 Mg odpadów do przetworzenia termicznego w spalarni w Austrii to koszt rzędu 140 EUR/Mg (200-220 EUR/Mg po uwzględnieniu kosztów transportu). Natomiast alternatywne przetwarzanie wraz z transportem w kompostowni to koszt rzędu 44-46 EUR/Mg, koszt przetworzenia i logistyki bioodpadów w biogazowni to 100-110 EUR/Mg (60-70% to koszt transportu). Różnica pomiędzy tymi wartościami jest swojego rodzaju zachętą ekonomiczną do stosowania wybranego rozwiązania technologicznego [6].



Rysunek 8. Energia przeznaczona na transport traw do biogazowni w zależności od stosowanego taboru

Źródło: Kern M. i in. 2012

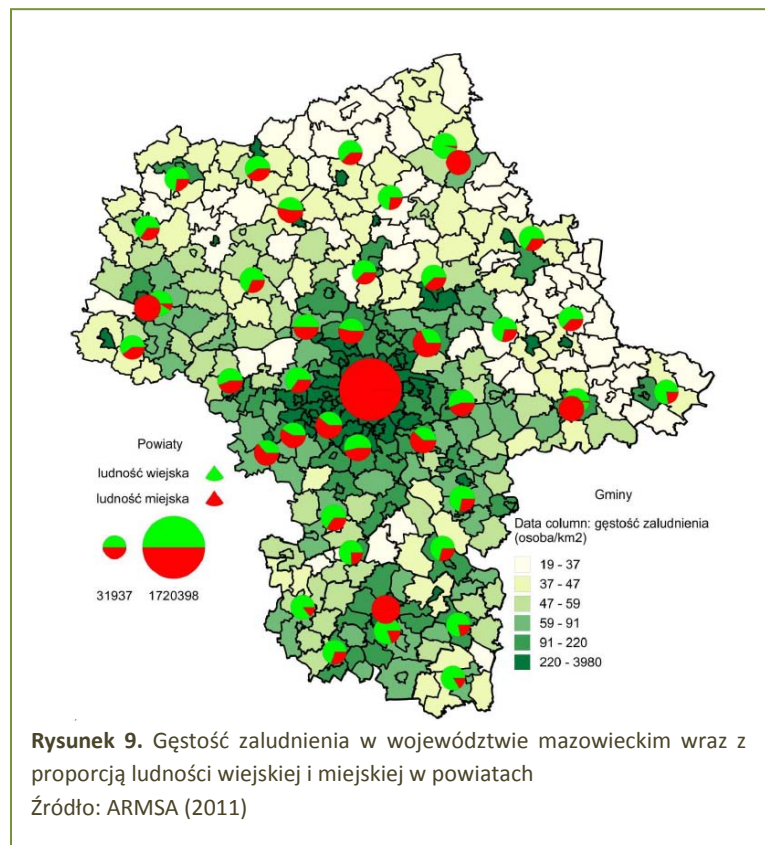
Dodatkowa działalność gospodarcza w obszarze odpadów zielonych jest wrażliwa na wahania koniunktury gospodarczej, a tym samym możliwość pozyskania biomasy zależy od zasobności funduszy publicznych. W czasach kryzysu gospodarczego dedykowane fundusze na konserwację zieleni miejskiej mogą zostać znacznie ograniczone. Inne przedsiębiorstwa zwracają uwagę, że oszczędności w tym zakresie dotyczą w głównej mierze koszenia traw, w przypadku konserwacji drzew i krzewów wahania koniunkturalne są mniejsze.

W Niemczech koszt zabiegów konserwacji zieleni wynosi 500-1 000 EUR/ha, co odpowiada 20-30 EUR/Mg świeżej masy. Po uwzględnieniu kosztów zbiórki i transportu koszty wzrastają o 30% [9]. Koszt przetwarzania odpadów zielonych zdrewniałych (po uwzględnieniu kosztów transportu) do jakości paliwa energetycznego (np. zrębki) to 20-45 EUR/Mg, dlatego cena sprzedaży takiego paliwa w Niemczech oscyluje zazwyczaj w okolicy 40 EUR/Mg [45]. Cena paliwa zależy od jego jakości. Przykładowo zrębki drzewne mogą posiadać wilgotność 40% lub 25% (po podsuszeniu), w związku z tym cena powinna być odpowiednio wyższa/niższa.

Należy zaznaczyć, że koszt pozyskania odpadów zielonych na razie jest większy niż dla biomasy leśnej (10-18 EUR/Mg [44]) i opłaca się jedynie, gdy odpady zielone stanowią dodatkowe źródło dochodów do podstawowej działalności gospodarczej. Przedsiębiorcy, z którymi przeprowadzono wywiady wyrazili opinię, że z powodu bardzo wysokich opłat za odbiór odpadów zielonych przez RIPOK obecnie chętnie oddawaliby wytworzone odpady zdrewniałe do elektrociepłowni nawet za darmo.

Analiza możliwości pozyskania substratów z danego terenu

Gęstość zaludnienia w zasadzie determinuje opłacalność selektywnej zbiórki odpadów kuchennych z gospodarstw domowych. Patrząc na mapę i pamiętając o tym, że gęstość zaludnienia nie powinna być mniejsza niż 150 M/km² widzimy, że obszar działalności MŚP w zakresie selektywnej zbiórki odpadów kuchennych i ogrodowych powinien koncentrować się południowo-zachodniej części województwa [46]. Choć należy zaznaczyć, że poziom powiatu z daleko idącymi uproszczeniami nie jest odpowiednim poziomem do wykonania analizy, która uwzględniałaby bardziej szczegółowo zabudowę w tkance miejskiej. Analiza taka została przedstawiona w opisie studium przypadku dla Wschodniej Białostki (m.st. Warszawy), w podręczniku opisującym działanie kalkulatora zasobowo-energetycznego. Zapraszamy do dalszej lektury.



Literatura

- [1] Witzenhausen-Institut GmbH (2012). Biogasatlas 2011/2012 Anlagenhandbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland.
- [2] Knappe F., Vogt R. (2010). Optimierung der Erfassung und Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg. Wydawnictwo: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- [3] Verband der Humus- und Erdenwirtschaft e. V. (VHE), Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. (BGK) (2009). Studie Einführung und Optimierung der getrennten Sammlung zur Nutzbarmachung von Bioabfällen. Wydawca: BGK e. V., VHE e. V.
- [4] Kern M., Raussen T., Graven T., Bergs C. G., Hermann T. (2012). Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen Anregungen für kommunale Entscheidungsträger.
- [5] Bernstad A., Davidsson A., Tsai J., Persson E., Bismont M., & La Cour Jansen J. (2013). Tank-connected food waste disposer systems-current status and potential improvements. Waste management 33(1), 193–203.
- [6] Wimmer W., Huber M., Pamminger R. (2009). 62/2009. Erstellung eines Logistikkonzepts zur effizienten Sammlung von biogenen Abfällen als Input für eine energetische Nutzung in Biogasanlagen. Raport w ramach programu: Energiesysteme der Zukunft.
- [7] Konsultacja z prof. dr hab. Guranowską-Gruszecką K., pracownikiem naukowym Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej oraz właścicielką pracowni urbanistycznej Studio KA, październik 2013.
- [8] Pick D. (2011). Mikro-Biogas – Entwicklung übertragbarer Konzepte zur nachhaltigen Erschließung biogener Rest- und Abfallstoffe für die Mikro Biogasproduktion in Gemeinden und Landkreisen. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2marca 2011, Berlin.
- [9] Landwirtschaftskammer Hamburg (2009). Energie aus heimischer Biomasse Studie zum Biomassepotential in der Freien und Hansestadt Hamburg. W ramach projektu grantowego: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg.
- [10] Kern M., Raussen T., Funda K., Lootsma A., Hofmann H. (2010). Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz.
- [11] Part F. (2010). Methodik zur Erhebung des Aufkommens von betrieblichen Küchen- und Speiseabfällen am Beispiel des Bundeslandes Salzburg. Praca dyplomowa BOKU, Wiedeń.
- [12] Strona internetowa firmy HoGA Partner. URL: <http://www.hogapartner.ch/>
- [13] Seetaler Bote (2011). Eine saubere Lösung für Küchenabfälle. Artykuł w gazecie Seetaler Bote dn. 11 sierpnia 2011. Pobrano ze strony internetowej URL: <http://www.hogapartner.ch/>

-
- [14] Szulc A. (2013). Zielone miasto, zielen przy ulicach. Wydawca: Agencja Promocji Zieleni. ISBN: 978-83-933395-0-9.
- [15] Zigldrum P. (2011). Langfassung Konferenzbeitrag. Gas aus Gras – Biologie der Grasvergärung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2. marca 2011, Berlin.
- [16] Brozio S., Hempp S., Hahs M., Piorr H.P., Schleier C., Zeidler M. (2011). Potenzialanalyse von Landschaftspflegematerial in der Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [17] Pick D., Dieterich M., Heintschel S. (2012). Biogas Production Potential from Economically Usable Green Waste. Sustainability, 4(12), 682–702.
- [18] Witzenhausen Institut (2011). Weiterentwicklung der stofflichen und energetischen Verwertung von Biomasse beim Regionale Abfallwirtschaft. Projekt Zweckverbandes RegAb.
- [19] Generalna Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (2012). Zasady utrzymania i zakładania zieleni przydrożnej Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad.
- [20] Eilermann F., Bitter A.W., Schönbach Ch. (2011). PRONARO Projekt zur umfassenden Analyse der ökonomisch und ökologisch sinnvollen Nutzung Nachwachsender Rohstoffe auf Straßenbegleitflächen des Landesbetriebes Straßenbau NRW. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2marca 2011, Berlin.
- [21] Konsultacja z Tkaczyk W., właścicielem firmy „Zielen i ty”, wrzesień 2013.
- [22] Löhr A. (2011) Energetische Verwertung von Schnitt- und Mähgut im Rahmen der Naturnahen Gewässerunterhaltung. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [23] Engel A.M., Exner T., Fehrmann L., Wegener J. (2011). Landschaftspflegematerial im Land Niedersachsen: Potentiale für die energetische Nutzung. Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2marca 2011, Berlin.
- [24] Bridgwater E., Parfitt J. (2009). Evaluation of the WRAP Separate Food Waste Collection Trials. WRAP. ISBN: 1-84405-416-0.
- [25] INTECUS Dresden GmbH (2010). Sprawdzane metody gospodarowania odpadami komunalnymi. Tłumaczenie publikacji w ramach projektu: Capacity Building Abfallwirtschaft in Polen, Stowarzyszenie Technologii Ekologicznych SILESIA.
- [26] BUND-Regionalverbände Donau-Iller & Neckar-Alb | Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg (2009). Ermittlung des Potenzials energetisch nutzbarer Resthölzer aus der Landschaftspflege im PLENUM- und Biosphärengebiet Schwäbische Alb.

-
- [27] Slagstad, H., & Brattebø, H. (2012). LCA for household waste management when planning a new urban settlement. *Waste management (New York, N.Y.)*, 32(7), 1482–90.
- [28] Kaliampakos D., Benardos A. (2013). *Underground Solutions for Urban Waste Management: Status and Perspectives*. Report ISWA.
- [29] Robinson G. (2007). Beneath our streets, Trends in underground waste management. Artykuł w *Waste Management World*. URL: <http://www.waste-management-world.com/articles/prinMg/volume-8/issue-4/features/beneath-our-streets.html>
- [30] Teerioja, N., Moliis, K., Kuvaja, E., Ollikainen, M., Punkkinen, H., Merta, E. (2012). Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance. *Waste management* 32 (2012) 1782–1791. Wydawca: Elsevier.
- [31] Konsultacja z dr Lelicińską -Serafin K., pracownikiem naukowym Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, sierpień 2013.
- [32] Fachagentur Nachwachsenderohstoffe (FNR) (2005). *Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung Ergebnisse des Biogas- Messeprogramms (Podręcznik produkcja i wykorzystanie biogazu. Wyniki monitoringu biogazowni)*. Institut für Energetik und Umwelt gGmbH; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Fachagentur Nachwachsenderohstoffe.V.: Gülzow. ISBN 3-00-0143333-5.
- [33] Envac (2013). *Movac – mobile vacuum system, The third generation mobile waste system from Envac*.
- [34] Lystad H. (2012). *Biogas and waste management in Norway*. IEA Bioenergy workshop.
- [35] Kosovska H. (2006). *The Biological Treatment of Organic Food Waste*. Praca magisterska w Szwedkim Royal Institute of Technology (KTH). ISSN 1402-7615.
- [36] MariMatic. (2011). *Metro Tajfun Automatic Waste Collection. The next generation of Waste Collection Systems*. URL: <http://www.metrotaifun.com>
- [37] Begoña G. (2002). *Ayuntamiento de León: Sistema de recogida neumática de residuos urbanos en el casco antiguo de León*. URL: <http://www.cardiff.ac.uk/archi/programmes/cost8/case/waste/leon.html>
- [38] WRAP (2008). *Kerbside Recycling: Indicative Costs and Performance Report*.
- [39] Konsultacja z prof. dr hab. inż. arch. Ryńską D.E., pracownikiem naukowym Wydziału Architektury Politechniki Warszawskiej i wieloletnim praktykującym architektem, październik 2013.
- [40] Konsultacja z Żukowskim D., wiceprezesem firmy AG-Complex, lipiec 2013.

-
- [41] Bayerisches Landesamt fuer Umweltschutz (2002). Abfallvermeidung und -verwertung bei der Landschafts- und Gartenpflege. Dokumentacja z seminarium w Augsburgu 1-2 października 2002.
- [42] BWS Unternehmensberatung Umweltschutz (2011). Grünabfall- und Schnittholzholzverwertung in Schleswig-Holstein unter Klimaschutzaspekten.
- [43] Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft des Kantons Bern (2007). Grundlagen für die Planung von Kompostierungs- und Vergärungsanlagen.
- [44] Wittkopf S. (2005). Bereitstellung von Hackgut zur thermischen Verwertung durch Forstbetriebe in Bayern. Praca doktorska obroniona na Technische Universität München.
- [45] Baur F. (2011). Vorstellung der Foreninhalte und Diskussionsergebnisse Forum 1: „Spannungsfeld kommunaler Reststoffe -Landschaftspflegematerial und Bioabfall“, Materiały konferencyjne: Energetische Nutzung von Landschaftspflegematerial 1-2 marca 2011, Berlin.
- [46] ARMSA (2011). Raport atrakcyjności inwestycyjnej województwa mazowieckiego wraz z oceną jego potencjału inwestycyjnego.