

RAPORT

Input-output systemu żywnościowego w regionach miejskich na przykładzie Wrocławia - dane dla różnych obszarów studiów przypadków

Dokument został przygotowany w oparciu o projekt międzynarodowy realizowany przez Uniwersytet Wrocławski: „Produkcja i zaopatrzenie w żywność za pośrednictwem systemów miejskich o obiegu zamkniętym w europejskich miastach” [akronim: FOCUSE] finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu DUT call 2022. Kwota przyznana UWR: 1 125 906,50 PLN, czas realizacji projektu 1.02.2024-31.01.2027.



FOCUSE



Zespół FOCUSE

dr inż. Anna Zaręba
dr hab. Alicja Krzemińska

Wrocław 2025



[facebook.com/focuseprojekt](https://www.facebook.com/focuseprojekt)

<https://focuse.uwr.edu.pl>

1. Wstęp

Współczesne systemy żywnościowe stają w obliczu złożonych wyzwań związanych z koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego przy jednoczesnym ograniczaniu negatywnego wpływu produkcji żywności na środowisko. Jednym z kluczowych problemów, o charakterze zarówno środowiskowym, jak i ekonomiczno-społecznym, jest nieefektywne gospodarowanie żywnością, skutkujące jej nadmiernymi stratami i marnotrawstwem. Produkcja, przetwarzanie i dystrybucja żywności wymagają znacznych nakładów zasobów naturalnych, w tym wody, energii, a także rozwiniętej infrastruktury logistycznej i transportowej. Procesy te mają istotny wpływ na emisję gazów cieplarnianych, racjonalne wykorzystanie gruntów miejskich oraz degradację ekosystemów.



Współczesne systemy żywnościowe stają w obliczu złożonych wyzwań związanych z koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego przy jednoczesnym ograniczaniu negatywnego wpływu produkcji żywności na środowisko. Jednym z kluczowych problemów, o charakterze zarówno środowiskowym, jak i ekonomiczno-społecznym, jest nieefektywne gospodarowanie żywnością, skutkujące jej nadmiernymi stratami i marnotrawstwem. Produkcja, przetwarzanie i dystrybucja żywności wymagają znacznych nakładów zasobów naturalnych, w tym wody, energii, a także rozwiniętej infrastruktury logistycznej i transportowej. Procesy te mają istotny wpływ na emisję gazów cieplarnianych, racjonalne wykorzystanie gruntów miejskich oraz degradację ekosystemów.

Zjawisko strat i marnotrawstwa żywności występuje na każdym etapie łańcucha dostaw – od produkcji żywności po konsumpcję końcową – i ma charakter globalny. Według danych Organizacji Narodów Zjednoczonych, około 13,2% globalnej produkcji żywności tracone jest pomiędzy etapem zbiorów a sprzedażą detaliczną, natomiast 19% żywności marnowane jest w gospodarstwach domowych, gastronomii i handlu detalicznym (UN, 2024). Oznacza to, że niemal jedna trzecia żywności wyprodukowanej z wykorzystaniem cennych zasobów środowiskowych jest bezpowrotnie tracona.

Jak wynika z danych Eurostatu, w 2021 roku przeciętny mieszkaniec UE wygenerował około 131 kilogramów odpadów żywnościowych rocznie, co daje łączną wartość ponad 58 milionów ton. Gospodarstwa domowe odpowiadały za 54% tej ilości, czyli ponad 31 milionów ton, co jednoznacznie wskazuje na konieczność wprowadzania narzędzi wspierających świadome decyzje zakupowe i edukowania mieszkańców miast w zakresie racjonalnego gospodarowania produktami żywnościowymi. Pozostałe sektory, takie jak przemysł spożywczy (21%), gastronomia i usługi restauracyjne (9%), produkcja pierwotna

(9%) oraz handel detaliczny (7%) również generują znaczne ilości strat, których ograniczenie może przynieść wymierne efekty ekologiczne i ekonomiczne (Eurostat, 2024). Dane te ukazują również zróżnicowanie w zakresie intensywności marnotrawstwa pomiędzy państwami członkowskimi. Najwyższe wartości odpadów żywnościowych na mieszkańca odnotowano m.in. na Cyprze, w Belgii i Danii. Polska z wynikiem 113 kg/os rocznie wypada poniżej średniej unijnej, jednak ustępuje krajom takim jak Szwecja (86 kg), Chorwacja (68 kg) czy Słowenia (71 kg) (Statista, 2024). Taka sytuacja uzasadnia potrzebę wdrażania polityk sprzyjających racjonalizacji konsumpcji żywności oraz zrównoważonego zarządzania odpadami organicznymi na poziomie lokalnym i krajowym.



W Polsce działania te znalazły odzwierciedlenie w przepisach prawa, m.in. w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 29 grudnia 2016 r. (Dz.U. z 2017 r. poz. 19), które nakłada na gminy obowiązek selektywnego zbierania bioodpadów, w tym kuchennych i żywnościowych. Wdrożenie tego obowiązku prowadzi do wyodrębnienia nowego strumienia odpadów komunalnych, wymagającego odpowiednich metod przetwarzania biologicznego. Selektywnie zbierane bioodpady kierowane są do recyklingu organicznego – najczęściej w formie kompostowania lub fermentacji beztlenowej – co pozwala na odzyskanie zawartych w nich składników organicznych i ich ponowne wykorzystanie w rolnictwie lub rekultywacji terenów zdegradowanych. Praktycznym przykładem realizacji założeń biorecyklingu jest działalność Kompostowni Odpadów Zielonych we Wrocławiu, zlokalizowanej przy ul. Janowskiej. Instalacja ta przetwarza odpady roślinne pochodzące głównie z pielęgnacji terenów zieleni miejskiej. Produktem końcowym procesu kompostowania jest „e-kompost” – preparat poprawiający właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Ze względu na wysoką zawartość próchnicy znajduje on zastosowanie szczególnie na glebach ubogich i zdegradowanych, a jego użycie wpisuje się w założenia rolnictwa opierającego się o obieg zamknięty (UM Wrocław, 2025).

Zgodnie z celami unijnej strategii gospodarki o obiegu zamkniętym, państwa członkowskie UE zobowiązane są do osiągnięcia poziomu recyklingu odpadów komunalnych wynoszącego co najmniej 55% do 2025 roku, 60% do 2030 roku i 65% do 2035 roku. Dodatkowo zakłada się ograniczenie składowania odpadów komunalnych do maksymalnie 10% całkowitej masy odpadów (biorecykling.org, 2025).

W odpowiedzi na te wyzwania powstał „Plan działania na rzecz synergii rolnictwa miejskiego w obiegu zamkniętym ze środowiskiem miejskim”, oparty na wynikach badań realizowanych w ramach projektu FOCUSE – „Produkcja i zaopatrzenie w żywność za pośrednictwem systemów miejskich o obiegu zamkniętym w europejskich miastach” (2024–2027), finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu Driving Urban Transitions. Projekt ten ma na celu rozwój zintegrowanych systemów produkcji, dystrybucji i konsumpcji żywności w miastach, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju i gospodarki cyrkularnej.

Jednym z głównych elementów projektu jest analiza społecznych uwarunkowań miejskiego rolnictwa, w tym praktyk związanych z uprawą roślin jadalnych oraz wzorców konsumpcyjnych mieszkańców miast. Wnioski z przeprowadzonych wywiadów i badań ankietowych, opublikowane w raportach badawczych (DOI: 10.34616/151357, 10.34616/151354, 10.34616/151355), umożliwiły wskazanie najefektywniejszych kierunków wdrażania praktyk z zakresu miejskiego rolnictwa w powiązaniu z systemami zagospodarowania bioodpadów.

W świetle powyższych ustaleń można stwierdzić, że integracja działań związanych z ograniczaniem strat i marnotrawstwa żywności, recyklingiem bioodpadów oraz rozwojem miejskiego rolnictwa stwarza realną szansę na realizację założeń gospodarki cyrkularnej w skali lokalnej.

Cel działań

Celem niniejszego raportu jest przedstawienie struktury i przepływu strumieni odpadów komunalnych w Polsce, z uwzględnieniem danych dla miasta Wrocław. Analiza została przeprowadzona w konwencji systemu input-output (I-O), który umożliwia modelowanie zależności pomiędzy generowaniem, zbieraniem, przetwarzaniem i odzyskiem odpadów. Szczególną uwagę poświęcono bioodpadom, ze względu na ich istotny udział masowy w ogólnym strumieniu odpadów komunalnych oraz rosnące znaczenie w kontekście wprowadzania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym.

Zakres i źródła danych

Dane źródłowe pochodzą z raportów:

- „Morfologia odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce w systemie gminnym” (IOŚ-PIB, 2022), <https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2022/08/ios-pib-morfologia-odpadow-komunalnych-wytwarzanych-w-polsce-w-systemie-gminnym.pdf>

- „Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi na terenie Gminy Wrocław za rok 2024” (Ekosystem Sp. z o.o., 2025), <https://bip.um.wroc.pl/arttykul/374/17896/analizy-stanu-gospodarki-odpadami-komunalnymi>
- Ekosystem Sp. z o.o. (2025): Informacje dla mieszkańców – Kompostownia odpadów zielonych. <https://ekosystem.wroc.pl>
- Biogazownia Żórawina (2024). Opis technologii i produktu ORGAFOS <https://biogazowniazorawina.pl>
- Urząd Miejski Wrocławia (2024). Planowana inwestycja Dansk Teknologi – konsultacje społeczne. <https://www.wroclaw.pl>

oraz dokumentów legislacyjnych:

- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 2024 poz. 399) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20240000399/U/D20240399Lj.pdf>
- Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz.U. 2023 poz. 1587).
- Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 29 grudnia 2016 r. (Dz.U. 2019 poz. 2028) <https://dziennikustaw.gov.pl/D2021000090601.pdf>
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>
- Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2019/1004 z dnia 7 czerwca 2019 r <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D1004&from=ES>
- European Commission (2020). Circular Economy Action Plan. COM(2020) 98 final https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

Struktura systemu input-output dla odpadów komunalnych

W analizie I-O przyjęto następujące komponenty systemu:

1. Strumienie wejściowe (Input): 1.1. Odpady:

A. Odpady komunalne generowane w sektorze mieszkaniowym i niemieszkalnym (nieruchomości mieszane)

Odpady komunalne wytwarzane przez mieszkańców oraz podmioty prowadzące działalność gospodarczą w zabudowie mieszanej (np. sklepy, biura, punkty usługowe) są głównym strumieniem zasilającym system gospodarki odpadami. Ich skład zależy od stylu życia mieszkańców, sezonowości oraz lokalnych uwarunkowań urbanistycznych (Sayara et al. ,

2020, Bień et al. 2016, Karak, 2012, Mokrzycki 2018). Zgodnie z ustawą o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 2024 poz. 399), gmina ma obowiązek objęcia systemem gospodarowania odpadami wszystkich właścicieli nieruchomości, na których zamieszkują mieszkańcy oraz tzw. nieruchomości niezamieszkałych, na których powstają odpady komunalne.

B. Odpady dostarczane do Punktów Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK)

Jednym z elementów selektywnego zbierania odpadów jest system PSZOK, który stanowi ważny element systemu zbiórki uzupełniającej. PSZOKi przyjmują m.in. odpady wielkogabarytowe, elektroodpady, odpady niebezpieczne z gospodarstw domowych oraz selektywnie zebrane frakcje, zmniejszając tym samym presję na strumień zmieszanych odpadów i umożliwiając poprawę wskaźników recyklingu gospodarowania odpadami w miastach (Karak et al., 2012; Mokrzycki, 2018, Stefanko, 2025, Szczepański et al., 2022).

C. Odpady zielone z terenów zieleni publicznej i prywatnej

Odpady te (kod 20 02 01) pochodzą głównie z pielęgnacji ogrodów, parków i terenów zieleni miejskiej. Obejmują m.in. liście, gałęzie, skoszoną trawę. Ich sezonowość i objętość wymagają odrębnych kanałów logistyki zbiórki i przetwarzania (Komilis, 2006, Stefanko, 2025). We Wrocławiu odpady zielone są kierowane do kompostowni miejskiej, gdzie przekształcane są w e-kompost (Ekosystem, 2025).

1.2 Procesy transformacyjne:

A. Zbiórka (selektywna i nieselektywna)

System zbiórki oparty jest na rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie sposobu selektywnego zbierania frakcji odpadów (Dz.U. 2019 poz. 2028). Obowiązkowe frakcje to: papier, metale i tworzywa sztuczne, szkło, bioodpady i odpady zmieszane. Skuteczność selektywnej zbiórki zależy od poziomu edukacji ekologicznej mieszkańców, odpowiedniej infrastruktury oraz kontroli.

B. Transport

Etap transportu odpadów, obejmujący ich przewóz z punktów zbiórki do instalacji przetwarzających, ma istotne znaczenie dla efektywności całego systemu gospodarowania odpadami oraz wielkości generowanego śladu węglowego (Mokrzycki, 2018; Zsigraiova et al., 2012). W dużych miastach, takich jak Wrocław, odpowiednia sektoryzacja obszaru miejskiego umożliwia optymalizację logistyki transportu, przyczyniając się do usprawnienia procesu i ograniczenia jego wpływu na środowisko.

2020, Bień et al. 2016, Karak, 2012, Mokrzycki 2018). Zgodnie z ustawą o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 2024 poz. 399), gmina ma obowiązek objęcia systemem gospodarowania odpadami wszystkich właścicieli nieruchomości, na których zamieszkują mieszkańcy oraz tzw. nieruchomości niezamieszkałych, na których powstają odpady komunalne.

B. Odpady dostarczane do Punktów Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK)

Jednym z elementów selektywnego zbierania odpadów jest system PSZOK, który stanowi ważny element systemu zbiórki uzupełniającej. PSZOKi przyjmują m.in. odpady wielkogabarytowe, elektroodpady, odpady niebezpieczne z gospodarstw domowych oraz selektywnie zebrane frakcje, zmniejszając tym samym presję na strumień zmieszanych odpadów i umożliwiając poprawę wskaźników recyklingu gospodarowania odpadami w miastach (Karak et al., 2012; Mokrzycki, 2018, Stefanko, 2025, Szczepański et al., 2022).

C. Odpady zielone z terenów zieleni publicznej i prywatnej

Odpady te (kod 20 02 01) pochodzą głównie z pielęgnacji ogrodów, parków i terenów zieleni miejskiej. Obejmują m.in. liście, gałęzie, skoszoną trawę. Ich sezonowość i objętość wymagają odrębnych kanałów logistyki zbiórki i przetwarzania (Komilis, 2006, Stefanko, 2025). We Wrocławiu odpady zielone są kierowane do kompostowni miejskiej, gdzie przekształcane są w e-kompost (Ekosystem, 2025).

1.2 Procesy transformacyjne:

A. Zbiórka (selektywna i nieselektywna)

System zbiórki oparty jest na rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie sposobu selektywnego zbierania frakcji odpadów (Dz.U. 2019 poz. 2028). Obowiązkowe frakcje to: papier, metale i tworzywa sztuczne, szkło, bioodpady i odpady zmieszane. Skuteczność selektywnej zbiórki zależy od poziomu edukacji ekologicznej mieszkańców, odpowiedniej infrastruktury oraz kontroli.

B. Przetwarzanie mechaniczno-biologiczne (MBP)

Instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP) odgrywają kluczową rolę w zagospodarowaniu zmieszanych odpadów komunalnych. W ich ramach frakcje łatwo ulegające biodegradacji kierowane są do procesów biologicznych, takich jak kompostowanie czy fermentacja, natomiast pozostałe frakcje resztkowe trafiają do odzysku energetycznego lub na składowiska. Skuteczność funkcjonowania instalacji MBP w dużej mierze zależy od morfologii przetwarzanych odpadów oraz skali działania samych instalacji (Bień et al., 2016; Szczepański et al., 2022; Karak et al., 2012).

E. Kompostowanie (procesy tlenowe)

Tlenowy rozkład biomasy pozwala na uzyskanie stabilnego kompostu, pod warunkiem precyzyjnego kontrolowania warunków procesu – takich jak temperatura, wilgotność i dostęp powietrza (Haug, 1993; Kowalski i in., 2021; Sayara et al. 2020). W Polsce coraz większą popularność zyskują zarówno kontenerowe, jak i przydomowe systemy kompostowania.

F. Fermentacja (procesy beztlenowe)

W warunkach beztlenowych odpady organiczne ulegają przekształceniu w biogaz oraz pozostałość pofermentacyjną. Instalacje fermentacyjne umożliwiają jednoczesną produkcję energii i zagospodarowanie bioodpadów (Börjesson & Berglund, 2007; Kowalski i in., 2021, Karak, 2012). Choć proces ten wiąże się z wyższymi kosztami, pozwala na odzysk odnawialnej energii w postaci biometanu. Część frakcji – zwłaszcza sezonowych, takich jak odpady zielone, lub wymagających dojrzwania, jak kompost – musi być czasowo magazynowana przed dalszym przetworzeniem. Magazynowanie to wymaga zapewnienia odpowiednich warunków środowiskowych, aby zapobiec stratom masy oraz wtórnemu zanieczyszczeniu (Sayara et al. 2020).

2. Strumienie wyjściowe (Output)

• Frakcje poddane recyklingowi materiałowemu

Frakcje odpadów poddawane recyklingowi materiałowemu obejmują przede wszystkim papier, szkło, metale oraz tworzywa sztuczne. Po wstępnej selekcji trafiają one do instalacji sortujących, gdzie są dodatkowo doczyszczane i segregowane według rodzaju materiału. Następnie przekazywane są do zakładów recyklingowych, które przetwarzają je na surowce wtórne możliwe do ponownego wykorzystania w procesach produkcyjnych. Zgodnie z wymogami Unii Europejskiej, państwa członkowskie zobowiązane są do osiągnięcia co najmniej 55% poziomu recyklingu wagowego odpadów komunalnych do 2025 roku (Dyrektywa 2008/98/WE).

• Frakcje organiczne przetworzone na e-kompost

Frakcje organiczne, takie jak bioodpady kuchenne i odpady zielone (np. trawa, liście, gałęzie), po odpowiednim przetworzeniu w instalacjach kompostujących mogą zostać przekształcone w wartościowy produkt – kompost. Przykładem takiego rozwiązania jest tzw. „e-kompost” wytwarzany we Wrocławiu, który znajduje zastosowanie jako środek poprawiający właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. Kompost taki może być wykorzystywany w rolnictwie, ogrodnictwie, rekultywacji terenów zdegradowanych, a także w zieleni miejskiej. Jego jakość musi spełniać wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych

przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Oznacza to konieczność spełnienia określonych norm sanitarnych, zawartości metali ciężkich, stabilności i zawartości materii organicznej.

- **Fracje przekazane do termicznego przekształcenia**

Fracje odpadów kierowane do termicznego przekształcania to najczęściej odpady resztkowe, których nie można poddać recyklingowi materiałowemu, a które jednocześnie charakteryzują się wysoką wartością opatową. Przykładem takiego materiału jest paliwo alternatywne RDF (Refuse-Derived Fuel), wytwarzane z przesortowanych i wysuszonych odpadów komunalnych. Odpady te trafiają do spalarni lub instalacji termicznego przekształcania z odzyskiem energii, gdzie – w procesie spalania – generowane są energia elektryczna i ciepło, które mogą być wykorzystywane np. w systemach ciepłowniczych. Tego rodzaju rozwiązania przyczyniają się do zmniejszenia ilości odpadów trafiających na składowiska oraz do zwiększenia udziału odzysku energii w gospodarce odpadami. Jednocześnie funkcjonowanie spalarni wiąże się z koniecznością spełniania rygorystycznych norm środowiskowych, zwłaszcza w zakresie emisji zanieczyszczeń do powietrza, takich jak tlenki azotu, dwutlenek siarki, pyły zawieszone czy metale ciężkie (Sayara et al. 2020).

- **Pozostałości kierowane na składowiska**

Są to frakcje nie poddawane recyklingowi, niepalne lub odpady pozostałe po MBP. Ich masa powinna być minimalizowana – zgodnie z zasadą hierarchii postępowania z odpadami. Zgodnie z przepisami UE, do 2035 r. nie więcej niż 10% całkowitej masy odpadów komunalnych może trafiać na składowiska (Dyrektywa 2008/98/WE, art. 5).

3. Charakterystyka morfologiczna odpadów komunalnych

Zgodnie z analizą przeprowadzoną przez Instytut Ochrony Środowiska – PIB (2022), struktura morfologiczna odpadów komunalnych w Polsce (zarówno zmieszanych, jak i selektywnie zebranych) przedstawia się następująco:

- bioodpady: 23,50%,
- tworzywa sztuczne: 13,56%,
- szkło: 13,31%,
- papier: 12,72%.

Łączny udział odpadów biodegradowalnych osiąga wartość bliską 29%. Dane te potwierdzają potrzebę intensyfikacji działań w zakresie recyklingu organicznego, aby sprostać wymaganiom poziomom odzysku i przygotowania do ponownego użycia zgodnie z dyrektywami UE (m.in.: 2008/98/WE)

4. Bioodpady w systemie gospodarki odpadami komunalnymi – definicje, regulacje i procesy przetwarzania

W systemie gospodarki odpadami komunalnymi bioodpady mają istotne znaczenie dla racjonalnej gospodarki miejskiej ze względu na wysoki potencjał odzysku i recyklingu organicznego. Ich efektywne zagospodarowanie jest kluczowe dla realizacji celów wyznaczonych zarówno przez krajowe i lokalne regulacje prawne, jak i dyrektywy Unii Europejskiej w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym.



4.1 Definicje prawne

Zgodnie z art. 3 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. z 2024 r. poz. 399), bioodpady definiuje się jako „ulegające biodegradacji odpady ogrodowe i parkowe, odpady żywności i kuchenne z gospodarstw domowych, zakładów gastronomicznych, biur, hurtowni, jednostek handlu detalicznego oraz zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność”. Należy je odróżnić od szerszej kategorii odpadów ulegających biodegradacji, które obejmują wszystkie odpady zdolne do rozkładu w warunkach tlenowych lub beztlenowych pod wpływem mikroorganizmów (Haug, 1993; Kowalski et al., 2021, Buclet, Godard, 2000, Sayara et al. 2020).

4.2 Wymogi selektywnego zbierania i zakaz składowania

Selektywna zbiórka bioodpadów została uregulowana w przepisach wykonawczych, w szczególności w rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 29 grudnia 2016 r. w sprawie sposobu selektywnego zbierania wybranych frakcji odpadów (Dz.U. 2019, poz. 2028). Wymaga się, aby odpady te były gromadzone w brązowych pojemnikach lub workach oznaczonych napisem „Bio”, co ułatwia ich dalsze przetwarzanie w procesach biologicznych. Art. 122 ustawy o odpadach wprowadza zakaz składowania selektywnie zebranych odpadów ulegających biodegradacji. Takie odpady mogą być zbierane jedynie w miejscu ich wytworzenia lub – w uzasadnionych przypadkach – transportowane do stacji przetwarzania prowadzącej instalację do ich przetwarzania bądź do punktu selektywnego zbierania odpadów komunalnych (PSZOK).

4.3 Procesy przetwarzania biologicznego

Bioodpady komunalne mogą być przetwarzane z wykorzystaniem dwóch podstawowych technologii:

- **Kompostowanie** – tlenowy proces rozkładu materii organicznej, który zachodzi w obecności tlenu i wymaga kontrolowanych warunków środowiskowych, takich jak m.in. odpowiednia temperatura i wilgotność. Instalacje tego typu, określane jako kompostownie, służą przekształcaniu bioodpadów w stabilny, bezpieczny produkt organiczny (kompost), który może być stosowany w miejskim rolnictwie, zagospodarowania nieużytków, czy rekultywacji terenów zdegradowanych (Haug, 1993; Kowalski et al., 202, Buclet, Godard, Sayara et al. 2020).
- **Fermentacja beztlenowa** – proces rozkładu substancji organicznej w warunkach beztlenowych, który prowadzi do produkcji biogazu (mieszanki metanu i dwutlenku węgla) oraz pofermentu. Instalacje fermentacyjne mogą działać jako niezależne biogazownie lub być częścią bardziej złożonych systemów, w których po etapie beztlenowym następuje stabilizacja tlenowa (tzw. instalacje hybrydowe) (Börjesson & Berglund, 2007, Seadi et al. 2008, Bień et al. 2016, Kowalski et al., 2021).

4.4 Znaczenie w gospodarce o obiegu zamkniętym

Zgodnie z przepisami Dyrektywy 2008/98/WE oraz decyzją wykonawczą Komisji UE 2019/1004, od dnia 1 stycznia 2027 r. państwa członkowskie mogą zaliczać bioodpady do strumienia recyklingu wyłącznie wtedy, gdy zostały selektywnie zebrane lub poddane recyklingowi in situ (np. w przydomowych kompostownikach). Wymóg ten ma na celu zwiększenie efektywności odzysku materii organicznej i ograniczenie składowania odpadów biodegradowalnych. W związku z tymi uwarunkowaniami miasta będą zmuszone w niedalekiej przyszłości do całkowitej zmiany systemu zarządzania odpadami w stronę układów zdecentralizowanych.

5. Przykład lokalny: system gospodarki odpadami we Wrocławiu

5.1 System gospodarowania bioodpadami:

Wrocław funkcjonuje w oparciu o zintegrowany system zbiórki odpadów, obejmujący podział miasta na cztery sektory. Gospodarowanie odpadami realizowane jest przez spółkę komunalną Ekosystem Sp. z o.o., zgodnie z Uchwałami Rady Miejskiej oraz lokalnymi regulaminami. W 2024 roku na teren Kompostowni Odpadów Zielonych we Wrocławiu dostarczono 3 476,86 Mg odpadów zielonych (kod 20 02 01). Frakcja ta pochodzi głównie z ogrodów, parków i terenów zieleni publicznej (<https://ekosystem.wroc.pl>).

Wrocławski system umożliwia produkcję środka poprawiającego właściwości gleby – e-kompostu, który dostępny jest dla mieszkańców bezpłatnie (do 1 m³ rocznie) lub odpłatnie przy większych ilościach. Instalacja funkcjonuje zgodnie z wymogami dotyczącymi kompostowania tlenowego oraz posiada stosowne pozwolenia (decyzja MRiRW nr G-538/15) (<https://ekosystem.wroc.pl>). System gospodarki bioodpadami we Wrocławiu jest zgodny z krajowymi i unijnymi przepisami dotyczącymi gospodarki odpadami, w tym z Dyrektywą 2008/98/WE, która nakłada obowiązek selektywnego zbierania bioodpadów oraz ich recyklingu.

Do systemu gospodarki bioodpadami we Wrocławiu trafiają:

- odpady kuchenne i ogrodowe pochodzące z gospodarstw domowych oraz nieruchomości o charakterze mieszanym,
- odpady zielone z terenów zieleni publicznej i prywatnej, takich jak parki, ogrody czy skwery,
- odpady dostarczane do Punktów Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK), gdzie mieszkańcy mogą przekazywać m.in. odpady zielone.

Dodatkowo, w instalacjach do mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów (MBP) bioodpady mogą być wydzielane z frakcji zmieszanych i kierowane do dalszego biologicznego przekształcania. Należy jednak zaznaczyć, że ich jakość oraz przydatność do produkcji kompostu lub pofermentu są niższe w porównaniu z bioodpadami zebranymi selektywnie.

5.2 Procesy transformacyjne

System przetwarzania bioodpadów obejmuje:

- Selektywną zbiórkę bioodpadów w brązowych pojemnikach lub workach oznaczonych napisem „Bio”.
- Transport zebranych odpadów do odpowiednich instalacji przetwarzających.
- Kompostowanie w warunkach tlenowych w kompostowniach, gdzie bioodpady przekształcane są w kompost wykorzystywany jako nawóz (<https://ekosystem.wroc.pl>)
- Fermentację beztlenową w instalacjach fermentacyjnych, gdzie z bioodpadów produkowany jest biogaz oraz poferment, który może być stosowany jako nawóz Ekosystem

5.3 Strumienie wyjściowe (Output)

Efektem przetwarzania bioodpadów są:

- Kompost wykorzystywany w rolnictwie i rekultywacji terenów zdegradowanych.
- Biogaz stosowany jako odnawialne źródło energii.
- Poferment używany jako nawóz organiczny (Ekosystem)
- Pozostałości niepodlegające przetworzeniu, kierowane do dalszego unieszkodliwiania lub składowania.

5.4 Kompost produkowany we Wrocławiu – charakterystyka, technologia i znaczenie środowiskowe

Wrocławski system gospodarki bioodpadami obejmuje infrastrukturę do biologicznego przekształcania frakcji biodegradowalnych, ze szczególnym uwzględnieniem kompostowania odpadów zielonych. Jednym z kluczowych komponentów tego systemu jest Kompostownia Odpadów Zielonych zlokalizowana przy ul. Janowskiej 51, zarządzana przez spółkę komunalną Ekosystem Sp. z o.o. Instalacja ta umożliwia przetwarzanie materiałów organicznych w certyfikowany środek poprawiający właściwości gleby, znany pod nazwą handlową e-kompost (<https://ekosystem.wroc.pl>).

Surowcem wykorzystywanym do produkcji kompostu są odpady zielone klasyfikowane w katalogu odpadów pod kodem 20 02 01. Obejmują one m.in. liście, skoszoną trawę, drobne gałęzie i pozostałości roślinne. Materiał ten pochodzi z terenów zieleni miejskiej, ogrodów prywatnych oraz od podmiotów zajmujących się pielęgnacją zieleni. Dodatkowym źródłem są odpady dostarczane przez mieszkańców Wrocławia do Punktów Selektywnego Zbierania Odpadów Komunalnych (PSZOK) (<https://ekosystem.wroc.pl>).

A.Technologia i parametry procesu kompostowania

Proces technologiczny w kompostowni we Wrocławiu prowadzony jest metodą pryzm otwartych w warunkach tlenowych. Cały cykl kompostowania trwa około 12 tygodni i obejmuje następujące etapy:

- Rozdrabnianie surowca organicznego, które umożliwia zwiększenie powierzchni właściwej i przyspiesza procesy mikrobiologiczne;
- Formowanie pryzm kompostowych oraz ich regularne przerzucanie przy użyciu specjalistycznych maszyn, co zapewnia równomierne natlenienie i utrzymanie warunków tlenowych;
- Kontrola wilgotności, realizowana poprzez system zraszaczy, który reguluje poziom wilgotności w zakresie optymalnym dla rozwoju mikroorganizmów (50–60%) (<https://ekosystem.wroc.pl>).
- Dojrzewanie i stabilizacja kompostu, zakończona przesiewaniem w celu separacji frakcji nieulegających kompostowaniu (np. większe fragmenty roślin), które są zwracane do procesu (<https://ekosystem.wroc.pl>).

Efektem końcowym jest kompost organiczny, spełniający wymagania rozporządzenia MRiRW z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie dopuszczania nawozów i środków poprawiających właściwości gleby.

B. Właściwości użytkowe i zastosowanie e-kompostu

E-kompost wykazuje korzystne właściwości agrotechniczne i może być stosowany:

- na wszystkich typach gleb, ze szczególnym uwzględnieniem gleb lekkich i zdegradowanych,
- w rolnictwie, ogrodnictwie, na terenach zieleni miejskiej oraz do rekultywacji,
- jako materiał poprawiający strukturę gleby, podnoszący zdolność retencji wodnej, zawartość próchnicy oraz wspomagający aktywność biologiczną.

Regularne stosowanie e-kompostu przyczynia się do zwiększenia zawartości substancji organicznej w glebie, poprawy bilansu materii organicznej oraz redukcji zapotrzebowania na nawozy mineralne.

C. Dostępność kompostu dla mieszkańców

W ramach miejskiego programu gospodarki bioodpadami każdy mieszkaniec Wrocławia ma prawo do nieodpłatnego odbioru do 1 m³ e-kompostu rocznie. Kompost jest wydawany w Kompostowni przy ul. Janowskiej. Mieszkańcy są zobowiązani do samodzielnego załadunku i transportu kompostu. Istnieje również możliwość zakupu kompostu w większych ilościach, po wcześniejszym złożeniu wniosku i podpisaniu stosownej umowy (Ekosystem).

D. Znaczenie dla gospodarki o obiegu zamkniętym

Produkcja e-kompostu we Wrocławiu jest jednym z elementów realizacji celów zrównoważonego rozwoju oraz polityki gospodarki o obiegu zamkniętym. Przyczynia się ona do:

- ograniczenia ilości bioodpadów kierowanych na składowiska i przez to niewykorzystywanych i traconych,
- zmniejszenia emisji metanu z niekontrolowanych procesów beztlenowych,
- zwiększenia poziomów recyklingu materiałowego frakcji biodegradowalnych.

W 2024 roku planowano zwiększenie przepustowości kompostowni Wrocławskiej do 12 000 Mg odpadów zielonych rocznie, co umożliwi produkcję do 6 000 Mg gotowego kompostu, zaspokajając rosnące potrzeby mieszkańców oraz instytucji miejskich w zakresie nawożenia organicznego. Raport o oddziaływaniu ww. przedsięwzięcia na środowisko został złożony w dniu 26.04.2024 r. i ostatecznie uzupełniony w dniu 19.03.2025r. W związku z powyższym ponownie przystąpiono do przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko w postępowaniu o wydanie ww. decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

5.4 Kompost produkowany we Wrocławiu – charakterystyka, technologia i znaczenie środowiskowe

Biogaz stanowi jedno z kluczowych ogniw w gospodarce o obiegu zamkniętym, umożliwiające odzysk energii z frakcji organicznych odpadów komunalnych oraz przemysłowych. W warunkach beztlenowych (fermentacja metanowa) odpady ulegające biodegradacji przekształcane są w mieszaninę gazów (głównie metanu i dwutlenku węgla), która może być wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej, ciepłej oraz biometanu (Al. Seadi et al. 2008, Börjesson, Berglund, 2007, Kowalski et al. 2021, Sayara et al. 2020). Pomimo rosnącego znaczenia technologii biogazowych w polityce energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej, Wrocław nie posiada obecnie pełnowymiarowej biogazowni komunalnej.

A. Stan aktualny – instalacje poza granicami administracyjnymi miasta

Najbliższa funkcjonująca biogazownia zlokalizowana jest w miejscowości Żórawina, przy ul. Badawczej 6, na południe od Wrocławia. Instalacja ta, określana jako Biogazownia Żórawina, prowadzi proces fermentacji odpadów organicznych w celu produkcji biogazu, a w wyniku tego procesu powstaje również nawóz organiczny ORGAFOS-ŻÓRAWINA (Biogazownia Żórawina, 2024). Biogaz wykorzystywany jest do produkcji energii elektrycznej i ciepłej, a pozostałości pofermentacyjne trafiają do rolniczego zagospodarowania <https://biogazowniazorawina.pl>.

Dodatkowy przykład stanowi biogazownia rolniczo-przemysłowa w Strzelinie (woj. dolnośląskie), o mocy 2 MW. Zakład ten przetwarza wyśrodkowane buraczane oraz inne odpady organiczne i jest zintegrowany energetycznie z lokalną cukrownią.

B. Potencjalne inwestycje we Wrocławiu

W ostatnich latach planowano budowę instalacji fermentacyjnej dedykowanej przetwarzaniu odpadów kuchennych pochodzących z selektywnej zbiórki bioodpadów. Projekt realizowany przez firmę Dansk Teknologi miał powstać w rejonie ul. Szczecińskiej (osiedle Żerniki), jednak został tymczasowo wstrzymany w wyniku protestów mieszkańców związanych z obawami o oddziaływanie odorowe i środowiskowe (wroclaw.pl, 2024).

C. Możliwość odzysku biogazu ze składowisk

Istotnym źródłem biogazu może być również odzysk gazu składowiskowego na obszarze Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów w Janówku. Składowiska odpadów komunalnych, zawierające frakcje biodegradowalne, generują w wyniku fermentacji metanowej podpowierzchniowy biogaz. Brakuje jednak aktualnych danych publicznych na temat jego pozyskiwania i energetycznego wykorzystania w tej lokalizacji.

W warunkach miejskich, wykorzystanie biogazu może przyczynia się do:

- redukcji emisji gazów cieplarnianych,
- ograniczenia uciążliwości zapachowej związanej z nieprzetworzonymi bioodpadami,
- zwiększenia udziału OZE w lokalnym zarządzaniu energią,
- produkcji nawozów organicznych jako produktu ubocznego fermentacji.

D. Kontekst unijny i środowiskowy

Rozwój infrastruktury biogazowej w miastach, wpisuje się w realizację unijnych celów klimatycznych i energetycznych. Zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu oraz Dyrektywy 2018/2001/UE (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001> w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (tzw. RED II), biogaz uznawany jest za odnawialne źródło energii. Ponadto, bioodpady jako substrat fermentacyjny odgrywają kluczową rolę w ograniczaniu składowania frakcji biodegradowalnych oraz w osiąganiu wymaganych poziomów recyklingu (Dyrektywa 2008/98/WE) <https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzienniki-UE/dyrektywa-2008-98-we-w-sprawie-odpadow-oraz-uchylajaca-niektore-dyrektywy-67831942>.

5.6 Poferment jako nawóz organiczny w gospodarce odpadami organicznymi – zastosowanie w regionie Wrocławia

Poferment stanowi produkt uboczny procesu fermentacji metanowej, prowadzonego w instalacjach biogazowych, i jest jednocześnie cennym surowcem wtórnym o właściwościach nawozowych. Jako frakcja pozostała po produkcji biogazu, może być wykorzystywany w rolnictwie jako organiczny środek poprawiający właściwości gleby, wpisujący się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym.

A. Charakterystyka pofermentu i jego skład

Poferment zawiera znaczne ilości podstawowych makroskładników mineralnych, takich jak azot (N), fosfor (P), potas (K), a także materię organiczną w formie łatwo przyswajalnej dla roślin. Skład chemiczny pofermentu może różnić się w zależności od rodzaju wsadu surowcowego, warunków procesu fermentacji oraz stopnia odwodnienia. Jego wykorzystanie jako nawozu nie tylko przyczynia się do uzupełniania składników pokarmowych w glebie, ale również poprawia jej właściwości fizykochemiczne – strukturę, zdolność retencji wody oraz aktywność mikrobiologiczną (Kowalski et al., 2021). Proces fermentacji beztlenowej prowadzi do redukcji patogenów i nasion chwastów, dzięki czemu poferment jest produktem sanitarnie bezpiecznym, o ile spełnia wymagania określone w przepisach dotyczących nawozów organicznych (Rozporządzenie MRiRW z dnia 18 czerwca 2008 r.).

B. Zastosowanie pofermentu w regionie Wrocławia

W regionie Wrocławia poferment jest wykorzystywany w praktyce rolniczej głównie przez instalacje biogazowe zlokalizowane poza granicami administracyjnymi miasta. Przykład stanowi Biogazownia Żórawina, która prowadzi fermentację odpadów organicznych i wytwarza poferment handlowy pod nazwą ORGAFOS-ŻÓRAWINA. Produkt ten jest stosowany jako nawóz naturalny na okolicznych polach uprawnych i wykazuje pozytywne działanie agrotechniczne, m.in. poprzez zwiększenie plonów oraz poprawę jakości gleby (Biogazownia Żórawina, 2024). Dzięki wysokiej zawartości przyswajalnych składników mineralnych, poferment może wspomóc zrównoważone rolnictwo miejskie i podmiejskie, przyczyniając się do wymiernych korzyści ekonomicznych i środowiskowych.

C. Znaczenie środowiskowe i gospodarcze

Wykorzystanie pofermentu jako nawozu organicznego stanowi efektywną strategię odzysku składników pokarmowych oraz ograniczania emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją nawozów syntetycznych. Proces ten wspiera również realizację celów Dyrektywy 2008/98/WE oraz strategii Europejskiego Zielonego Ładu w zakresie efektywnego zarządzania zasobami i dekarbonizacji rolnictwa. Ponadto, zagospodarowanie pofermentu zapobiega jego niekontrolowanemu magazynowaniu lub składowaniu (European Commission, 2020).

6. Ramy prawne i cele unijne w zakresie gospodarowania bioodpadami

System gospodarki bioodpadami w państwach członkowskich Unii Europejskiej funkcjonuje w ramach złożonego reżimu prawnego, którego trzon stanowi Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów (Dz. Urz. UE L 312 z 22.11.2008, s. 3) oraz Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2019/1004 z dnia 7 czerwca 2019 r. określająca metody obliczania poziomów przygotowania do ponownego użycia i recyklingu.

6.1 Obowiązki w zakresie selektywnego zbierania bioodpadów

Zgodnie z art. 22 Dyrektywy 2008/98/WE, państwa członkowskie zobowiązane są do zapewnienia selektywnego zbierania bioodpadów lub ich przetwarzania u źródła, np. poprzez kompostowanie przydomowe. Zgodność z tym przepisem warunkuje możliwość zaliczenia bioodpadów do poziomów recyklingu. Od dnia 1 stycznia 2027 r., bioodpady będą mogły być uznane za poddane recyklingowi wyłącznie wtedy, gdy:

- zostały selektywnie zebrane u źródła, lub
- poddano je recyklingowi w miejscu ich wytworzenia – zgodnie z definicją zawartą w art. 1 Decyzji 2019/1004.

Oznacza to, że jakiegokolwiek zaniechania w zakresie selektywnej zbiórki bioodpadów będą skutkować niemożnością ich uwzględnienia w statystykach recyklingu, co może obniżać poziomy osiągnięte przez dane państwo członkowskie.

6.2 Cele ilościowe dla recyklingu odpadów komunalnych

Zgodnie z art. 11 Dyrektywy 2008/98/WE, państwa członkowskie są zobowiązane do stopniowego zwiększania poziomu przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych. Cele te obejmują:

- do roku 2025 – co najmniej 55% wagowo,
- do roku 2030 – co najmniej 60% wagowo,
- do roku 2035 – co najmniej 65% wagowo.

Cele te odnoszą się do całkowitej masy odpadów komunalnych, ale mają bezpośredni związek z bioodpadami, ponieważ ta frakcja stanowi jedną z największych części morfologicznych strumienia odpadów komunalnych (w Polsce – blisko 30%, wg IOŚ-PIB 2022).

6.3 Gospodarka cyrkularna i hierarchia postępowania z odpadami

Wytyczne unijne dotyczące gospodarki bioodpadami określa art. 4 Dyrektywy 2008/98/WE. Zgodnie z tą zasadą, najbardziej pożądanym działaniem jest zapobieganie powstawaniu odpadów, następnie ponowne ich użycie, recykling, odzysk energii i dopiero na końcu – unieszkodliwianie (np. poprzez składowanie). Bioodpady są kluczowym elementem polityki UE w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), której założeniem jest minimalizacja strat surowcowych i maksymalizacja wartości odzyskiwanej z materiałów biologicznych (European Commission, 2020).

Wnioski

- **Znaczenie bioodpadów w systemie gospodarki odpadami komunalnymi**

Bioodpady stanowią istotną frakcję odpadów komunalnych (ok. 23–29% ogółu), co czyni je kluczowym elementem strategii gospodarki o obiegu zamkniętym. Efektywne ich przetwarzanie przyczynia się do realizacji unijnych celów w zakresie recyklingu i dekarbonizacji.

- **Wrocław jako przykład wdrażania obiegu zamkniętego**

System gospodarki bioodpadami we Wrocławiu obejmuje zbiórkę selektywną, kompostowanie i wykorzystanie pofermentu. Produkcja e-kompostu z odpadów zielonych

oraz planowana rozbudowa kompostowni wskazują na konsekwentne działania miasta na rzecz GOZ i zagospodarowania lokalnych strumieni organicznych.

- **Braki i bariery infrastrukturalne**

Pomimo postępów, Wrocław nie posiada pełnoskalowej instalacji fermentacyjnej na bioodpady komunalne. Obecne przetwarzanie bioodpadów odbywa się głównie poza granicami administracyjnymi miasta (np. Żórawina), co ogranicza lokalne wykorzystanie energii i zasobów. Protesty społeczne wokół planowanych inwestycji ujawniają potrzebę lepszej komunikacji z mieszkańcami oraz projektowania niskoemisyjnych i neutralnych zapachowo rozwiązań technologicznych.

- **Znaczenie edukacji i partycypacji społecznej**

Wysoki udział bioodpadów z gospodarstw domowych oraz znaczenie selektywnej zbiórki dla osiągnięcia celów recyklingu wskazują na potrzebę dalszych działań edukacyjnych oraz włączania mieszkańców w zarządzanie zasobami organicznymi. Program bezpłatnego odbioru kompostu może wspierać zaangażowanie lokalnej społeczności.

- **Potencjał systemu I-O w zarządzaniu odpadami**

Model input-output umożliwia identyfikację źródeł, przepływów i punktów przetwarzania odpadów w skali miejskiej. Zastosowanie tego podejścia w przypadku Wrocławia pokazuje możliwości integracji danych ilościowych, logistycznych i technologicznych w celu optymalizacji gospodarki bioodpadami.

- **Integracja rolnictwa miejskiego z recyklingiem organicznym**

Wnioski z projektu FOCUSE wskazują, że połączenie miejskiego rolnictwa z wykorzystaniem e-kompostu i pofermentu może wspierać lokalne systemy żywnościowe, przyczyniając się do poprawy jakości gleb, zmniejszenia zależności od nawozów syntetycznych i tworzenia lokalnych obiegów materii.

- **Konieczność decentralizacji i in situ recyklingu**

Zgodnie z nowymi regulacjami UE, tylko bioodpady zebrane selektywnie lub przetworzone w miejscu wytworzenia będą mogły być zaliczane do wskaźników recyklingu. Wymusza to rozwój systemów przydomowego kompostowania oraz rozwiązań rozproszonych, zwłaszcza w gęsto zabudowanych obszarach miejskich.

- **Rekomendacje dla polityki lokalnej i regionalnej**

Władze miejskie powinny zwiększyć inwestycje w infrastrukturę przetwarzania bioodpadów, zaktualizować plany zagospodarowania przestrzennego uwzględniając logistykę recyklingu organicznego, oraz promować modele integrujące zbiórkę bioodpadów z lokalną produkcją żywności.

Bibliografia

- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., & Volk, S. (2008). Biogas Handbook. University of Southern Denmark.
- Buclet N. (Editor), Godard O. (Editor), (2000) Municipal waste management in Europe: A Comparative Study in Building Regimes (Environment & Management), Springer.
- Bień, J., Wojciechowska, E., & Neczaj, E. (2016). Nowoczesne metody gospodarowania odpadami. Politechnika Częstochowska.
- Biogazownia Żórawina (2024). Opis technologii i produktu ORGAFOS. <https://biogazowniazorawina.pl>
- Börjesson, P., & Berglund, M. (2007). Environmental systems analysis of biogas systems – Part II: The environmental performance of selected biogas systems evaluated with energy, exergy and emergy analyses. Biomass and Bioenergy, 31(5), 326–344.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>
- Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2019/1004 z dnia 7 czerwca 2019 r <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D1004&from=ES>
- Ekosystem Sp. z o.o. (2025). Informacje dla mieszkańców – Kompostownia odpadów zielonych <https://ekosystem.wroc.pl>
- European Commission (2020). Circular Economy Action Plan. COM(2020) 98 final. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- Haug, R. T. (1993). The practical handbook of compost engineering. Routledge. New York. <https://doi.org/10.1201/9780203736234>
- Instytut Ochrony Środowiska – PIB (2022). Morfologia odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce w systemie gminnym. Warszawa: IOŚ-PIB.
- Karak, T., et al. (2012). Municipal solid waste generation, composition, and management: The world scenario. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42(15), 1509–1630. <https://doi.org/10.1080/10643389.2011.569871>
- Kowalski, Z., Kulczycka, J., & Wzorek, Z. (2021). Zrównoważona gospodarka bioodpadami w gminie. PWN.
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A. (2020). Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture. Agronomy, 10(11), 1838. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>
- Mokrzycki, E. (2018). Gospodarka odpadami w gminie – aspekty prawne i praktyczne. Wolters Kluwer.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu (Dz.U. 2008 nr 119 poz. 765).
- Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 29 grudnia 2016 r. (Dz.U. 2019 poz. 2028) <https://dziennikustaw.gov.pl/D2021000090601.pdf>
- Szczepański, K., Waszczytko-Mitkowska, B., & Kamińska-Borak, J. (2022). Morfologia odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce w systemie gminnym. IOŚ-PIB <https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2022/08/ios-pib-morfologia-odpadow-komunalnych-wytwarzanych-w-polsce-w-systemie-gminnym.pdf>
- Stefanko, M. (2025). Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi na terenie Gminy Wrocław za rok 2024. Ekosystem Sp. z o.o. <https://bip.um.wroc.pl>
- Urząd Miejski Wrocławia (2024). Planowana inwestycja Dansk Teknologi – konsultacje społeczne <https://www.wroclaw.pl>
- Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz.U. 2024 poz. 399) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20240000399/U/D20240399Lj.pdf>

Dokument został przygotowany w oparciu o projekt międzynarodowy realizowany przez Uniwersytet Wrocławski: „Produkcja i zaopatrzenie w żywność za pośrednictwem systemów miejskich o obiegu zamkniętym w europejskich miastach” [akronim: FOCUSE] finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu DUT call 2022. Kwota przyznana UWR: 1 125 906,50 PLN, czas realizacji projektu 1.02.2024-31.01.2027.



FOCUSE



Zespół FOCUSE

dr inż. Anna Zaręba
dr hab. Alicja Krzemińska

Wrocław 2025



facebook.com/focuseprojekt
<https://focuse.uwr.edu.pl>

Grafikę wykonano w Canva