

# Badanie morfologii zmieszanych odpadów komunalnych w Polsce – analiza metod badawczych

Study of the morphology of mixed municipal waste in Poland – analysis of research methods

JURAND BIEŃ

DOI: 10.17512/INSTAL.2026.02.04

Artykuł przedstawia krytyczny przegląd i analizę porównawczą metodyk badania morfologii zmieszanych odpadów komunalnych stosowanych w Polsce w warunkach rosnących wymagań polityki klimatycznej i gospodarki o obiegu zamkniętym. Punktem wyjścia jest obserwacja, że mimo wzrostu selektywnego zbierania strumień odpadów resztkowych nadal pozostaje istotnym wyzwaniem decyzyjnym dla gmin i instalacji, a brak jednolitej normy krajowej ogranicza bezpośrednią porównywalność wyników między kampaniami badawczymi. W pracy zestawiono i omówiono cztery główne podejścia: wycofaną normę PN-93/Z-15006, procedurę Jędrzaka i Szpadta (2006), wytyczne Atmoterm (2018) oraz schemat IOŚ-PIB (2021). Analiza wskazuje, że rozbieżności wyników są w największym stopniu konsekwencją różnic w masie i sposobie tworzenia próbki (w tym redukcji), układzie sit i traktowaniu frakcji drobnej <10 mm oraz stopniu agregacji katalogu frakcji materiałowych. Zaproponowano ujednoczenie podejścia poprzez wprowadzenie wspólnego „rdzenia” metodycznego (m.in. kontrolowana redukcja próbki, sezonowość, jawne raportowanie frakcji sitowych i spójny zestaw frakcji materiałowych) oraz modułów dobieranych do celu (np. moduł paliwowy lub technologiczny „na linii”). Ujęcie to ma poprawić jakość danych do sprawozdawczości, planowania inwestycji i działań naprawczych w systemach zbiórki oraz odzysku.

Słowa kluczowe: zmieszane odpady komunalne, pobór próbki, analiza morfologiczna odpadów zmieszanych, gospodarka o obiegu zamkniętym

The article presents a critical review and comparative analysis of mixed municipal waste morphology testing methodologies used in Poland, in light of the growing demands of climate policy and the circular economy. The starting point is the observation that, despite the increase in selective waste collection, the residual waste stream remains a significant decision-making challenge for municipalities and installations, and the lack of a uniform national standard limits the direct comparability of results between research campaigns. The paper summarizes and discusses four main approaches: the withdrawn PN-93/Z-15006 standard, the Jędrzak and Szpadt procedure (2006), the Atmoterm guidelines (2018), and the IOŚ-PIB (2021) framework. The analysis indicates that the discrepancies in results are primarily due to differences in sample mass and generation (including reduction), sieve configuration, treatment of the <10 mm fine fraction, and the degree of aggregation of the material fraction catalog. A unified approach was proposed by introducing a common methodological “core” (including controlled sample reduction, seasonality, transparent reporting of sieve fractions, and a consistent set of material fractions) and purpose-specific modules (e.g., a fuel or technology “on-line” module). This approach is intended to improve the quality of data for reporting, investment planning, and corrective actions in collection and recovery systems.

Keywords: mixed municipal waste, sampling, morphological analysis of mixed waste, circular economy

## Wprowadzenie

Rosnące ambicje unijnej polityki klimatycznej oraz gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) zaowocowały nowelizacją ramowej dyrektywy odpadowej (UE) 2018/851, która podniosła wymagane poziomy przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów komunalnych do 55% w 2025 r., 60% w 2030 r. i 65% w 2035 r. [1] Jednocześnie „Nowy Plan

Działań na rzecz GOZ” (COM(2020) 98) [2] oraz uchwalone w 2024 r. rozporządzenie (EU) 2024/1781 rozszerzyły obowiązki producentów, wprowadziły wymogi projektowania produktów przyjaznych recyklingowi oraz uszczelniły system śledzenia strumieni materiałowych w całym cyklu życia wyrobów. Pomimo tych ambitnych celów przeciętny mieszkaniec Unii wygenerował w 2023 r. 511 kg odpadów [3]. To niewielki, bo o 4 kilogramy, spadek

wobec danych z 2022 r. Z tej ilości wytworzonych odpadów komunalnych jedynie 48% poddano recyklingowi materiałowemu lub kompostowaniu; oznacza to, że ponad połowa strumienia wciąż trafia do spalania lub na składowiska. W Polsce wygenerowano 377,7 kg odpadów komunalnych na mieszkańca w 2024 r. – wynik wciąż niższy od średniej unijnej, ale jednocześnie najwyższy w dotychczasowej historii. Tym samym w 2024 r. po raz pierwszy

przekroczyliśmy próg 14 mln Mg odpadów. Na tle ogólnego przyrostu wolumenu odpadów wyróżnia się selektywna zbiórka. W 2024 r. gminy zebrały selektywnie 5,95 mln Mg odpadów komunalnych, tj. o ok. 0,48 mln Mg więcej niż w 2023 r. To także +8,8% r/r, czyli dynamika ponad 1,6-krotnie szybsza niż w przypadku strumienia odpadów ogółem. To nadal zbyt mało, by zagwarantować osiągnięcie ustawowych progów wskaźnika przygotowania i recyklingu odpadów komunalnych.

Ciągle wyzwaniem pozostaje strumień zmieszanych odpadów komunalnych, zwany też resztkowymi. W latach 2016–2024 do instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP) w Polsce skierowano łącznie ponad 100 mln Mg, co wskazuje na znaczny potencjał utraconych surowców. Dokładna charakterystyka składu tej frakcji jest warunkiem efektywnego planowania inwestycji, optymalizacji logistyki zbiórki i projektowania kampanii edukacyjnych, a zarazem kluczowym elementem rzetelnych bilansów materiałowych. Analizy morfologiczne zmieszanych odpadów komunalnych pełnią:

- funkcję diagnostyczną, gdy weryfikują rzeczywistą skuteczność selektywne-go zbierania,
- funkcję projektową, gdy dostarczają danych wejściowych do wymiarowania instalacji, takich jak instalacje mechaniczno-biologicznego przetwarzania, kompostownie, biogazownie czy instalacje termicznego przekształcania odpadów,
- funkcję sprawozdawczą, gdy stanowią podstawę obliczania wskaźników przekazywanych przez Główny Urząd Statystyczny do Eurostatu.

W Polsce, w odróżnieniu od szeregu krajów Europy Zachodniej, nadal brakuje jednolitej normy krajowej regulującej pobór próbek i klasyfikację materiałową tej frakcji odpadów [4, 5]. W praktyce spotyka się aż cztery główne schematy: wycofaną PN-93/Z-15006 [6], procedurę Jędrzaka i Szpadta (2006) [7], wytyczne Atmoterm (2018) [8] i schemat opracowany przez Instytut Ochrony Środowiska – PIB (2021) [9, 10]. Schematy te różnią się masą próbki, liczbą wydzielanych frakcji, granicą przesiewania oraz zakresem statystyk opisowych, co ogranicza bezpośrednio porównywalność wyników, a także prowadzi do błędnych decyzji inwestycyjnych wynikających z niedoszacowania bądź przeszacowania określonych strumieni frakcji odpadowych. Na poziomie międzynarodowym sytuacja zarysowuje się korzystniej: funkcjonuje amerykańska norma ASTM D5231-92 (R16) [11] oraz europejskie ramy przygotowane w CEN/TC 444, obejmujące

EN 14899 [12] definiującą zasady planowania poboru prób i dokument roboczy WG 7 dotyczący redukcji próbek w terenie; od 2025 r. prace kontynuuje grupa WG 8 ds. oceny metod charakteryzacji odpadów.

Skład zmieszanych odpadów komunalnych charakteryzuje się niejednorodnością, stąd kluczowe znaczenie ma dobór odpowiedniej masy próbki. Zgodnie z teorią pobierania próbek wg Pierre'a Gy [13] minimalizacja błędów fundamentalnego i błędów grupowania wymaga, aby każda cząstka materiału miała jednakowe prawdopodobieństwo znalezienia się w próbce; zatem warunkiem wstępnym jest pobór pierwotny rzędu dziesiątek kilogramów i przynajmniej dwu- lub trzystopniowe dzielenie próbki ogólnej w warunkach zapewniających losowość.

W ramach niniejszej pracy przyjęto hipotezę, że zintegrowana procedura, łącząca zarówno dużą próbę masową (około 250 kg), jak i frakcyjną klasyfikację materiałową dostosowaną do logiki gospodarki o obiegu zamkniętym, zwiększy porównywalność między regionami, poprawi jakość krajowej bazy danych sprawozdawczych, pozwoli zoptymalizować moce przerobowe istniejących instalacji i ukierunkować działania edukacyjne oraz rozszerzoną odpowiedzialność producenta tam, gdzie potencjał odzysku jest największy. Artykuł przedstawia krytyczny przegląd stosowanych metodyk badania składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych, porównawcze studium reprezentatywnych kampanii przeprowadzonych w latach 2016–2024, analizę wpływu różnic metodologicznych na prognozy strumieni materiałowych oraz propozycję ustandaryzowanej procedury obejmującej gminę miejską, miejsko-wiejską i wiejską. Ujęcie takie może stanowić podstawę do opracowania przyszłej krajowej normy badawczej dla frakcji zmieszanych odpadów komunalnych.

### Metodyki oceny morfologii odpadów zmieszanych w ujęciu krajowym

Ocena składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych stanowi podstawowe narzędzie analityczne w procesie planowania systemów gospodarki odpadami, prognozowania strumieni surowców wtórnych oraz oceny efektywności selektywnego zbierania [14]. Pomimo pozornie jednoznacznego celu – określenia udziału poszczególnych frakcji w masie odpadów – stosowane w Polsce metodyki wykazują istotne różnice zarówno w zakresie doboru próbki, klasyfikacji frakcji, jak i technik ważenia i obliczeń.

Na przestrzeni ostatnich dekad funkcjonowały równolegle różne podejścia metodyczne – od wycofanej już normy PN-93/Z-15006, przez autorską procedurę Jędrzaka i Szpadta (2006), aż po bardziej współczesne wytyczne Atmotermu (2018) oraz schematy opracowane przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB). Każde z tych podejść odzwierciedlało nie tylko stan wiedzy technicznej i legislacyjnej danego okresu, ale również zróżnicowane potrzeby odbiorców wyników analiz morfologicznych – od gmin i operatorów instalacji, po instytucje planistyczne i regulatorów.

W niniejszym rozdziale przedstawiono charakterystykę i porównanie najważniejszych metodyk oceny składu morfologicznego zmieszanych odpadów komunalnych dotychczas stosowanych w Polsce.

### Norma PN-93/Z-15006: Oznaczanie składu morfologicznego (wycofana)

Norma PN-93/Z-15006 była częścią pakietu czterech norm dotyczących odpadów komunalnych:

- BN-87/9103-03 (pobieranie, przechowywanie, przesyłanie próbek)
- BN-87/9103-04 (wskaźniki nagromadzenia)
- PN-93/Z-15008 (m.in. wilgotność całkowita).
- PN-93/Z-15006 (skład morfologiczny).

Choć norma została formalnie wycofana w 2003 r., administracje lokalne i ośrodki badawcze wciąż ją przywołują. Zgodnie z normą należało pobrać próbkę do badań o masie 5 kg, a następnie przesiać ją przez sito o wielkości oczek 10 mm. Pozostałą na sicie frakcję o wielkości cząstek równej lub większej niż 10 mm należało ręcznie posortować na następujące składniki:

- odpady spożywcze pochodzenia roślinnego,
- odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego,
- odpady papieru i tektury,
- odpady tworzyw sztucznych,
- odpady materiałów tekstylnych,
- odpady szkła,
- odpady metali,
- odpady organiczne pozostałe,
- odpady mineralne pozostałe.

Wydzielano następujące typy zabudowy (blokowa, zwarta śródmiejska, jednorodzinna, zagrodowa). Dla każdego typu wyznaczano trasę samochodu odbierającego odpady (min. 1 transport). Badania prowadzono w pełnym cyklu rocznym: 12 poborów miesięcznych lub co najmniej 4 pobory kwartalne, aby ująć sezonowość. Sortowanie ręczne wykonywał

zespół min. 3 osób w rękawicach i kombinazonach, przy stole z rusztem. Każdy składnik układano w wydzielonych kuwekach, które następnie ważono z dokładnością 0,05 kg.

### Procedura Jędrzak–Szpadt (2006)

W 2006 r. prof. Andrzej Jędrzak i dr inż. Ryszard Szpadt opracowali kompleksową procedurę badania zmieszanych odpadów komunalnych, finansowaną przez NFOŚiGW i upublicznią jako 110-stronicowe opracowanie „Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych”. Dokument stał się praktycznym standardem w Polsce, zastępując lub uzupełniając PN-93/Z-15006 dzięki większej szczegółowości granulometrycznej, rozszerzonemu katalogowi frakcji materiałowych oraz precyzyjnemu modułowi analiz chemicznych. Filozofia metody jest następująca:

1. Reprezentatywność – minimalna masa próbki 100 kg pozwala ograniczyć błąd  $\leq 5\%$  dla głównych frakcji.
2. Sześć przedziałów granulometrycznych umożliwia precyzyjny dobór technologii MBP (np. kraty, przesiewacze bębnowe).
3. Dwunastofrakcyjny podział morfologiczny rozszerza klasyczny podział PN-93 o drewno, kompozyty i odpady niebezpieczne, kluczowe dla instalacji MBP i spalarni.
4. Moduł chemiczny dostarcza danych do oceny potencjału energetycznego (LHV) i ryzyka środowiskowego (metale, Cl i S).

Badania prowadzi się oddzielnie dla trzech typów obszarów: duże miasta >50 tys. mieszkańców, małe miasta  $\leq 50$  tys. mieszkańców oraz gminy wiejskie, w harmonogramie: 4 serie w roku (luty–marzec, maj–czerwiec, lipiec–sierpień, październik–listopad), ujmując tym samym sezonowość. Na placu instalacji wysypuje się 500 kg zmieszanych odpadów z bieżącej partii. Z tej partii pobiera się minimum 10 równomiernie rozmieszczonych porcji, aby uzyskać 100 kg materiału. Do analizy podstawowej stosuje się zestaw trzech sit o prześwitach: 100, 40 i 10 mm. Jeżeli celem jest uzyskanie danych do projektowania instalacji gospodarowania odpadami komunalnymi, zaleca się wówczas przesiewanie przez sita 100, 4080, 40, 20 i 10 mm. Analiza sitowa w metodyce została przedstawiona w tabeli 1.

Po przesiewaniu frakcje F1–F4 poddaje się sortowaniu ręcznemu na 12 głównych kategoriach (Tabela 2).

Każdą kategorię waży się z dokładnością 0,05 kg. Wydzielone z odpadów

Tabela 1. Podział odpadów na sześć frakcji zgodnie z prowadzoną analizą sitową  
Table 1. Division of waste into six fractions according to the conducted sieve analysis

Oczko sita	Symbol frakcji	Cel dalszej analizy
>100 mm	F1	sortowanie ręczne; identyfikacja odpadów wielkogabarytowych
80–100 mm	F2	sortowanie ręczne
40–80 mm	F3	sortowanie ręczne
20–40 mm	F4	sortowanie ręczne
10–20 mm	F5	sortowanie ręczne lub przesiew wtórny
<10 mm	F6	ważenie; analiza chemiczna

frakcje granulometryczne poddaje się badaniom składu materiałowego i właściwości fizykochemicznych. Analizy fizykochemiczne obejmują wilgotność, stratę prażenia, wartość opałową, metale ciężkie oraz S i Cl.

Tabela 2. Skład morfologiczny odpadów  
Table 2. Morphological composition of waste

Kategoria	Przykłady
Organika	resztki jedzenia, fusy
Tekstyli	odzież, szmaty
Papier i tektura	gazety, kartony
Tworzywa sztuczne	folie PE, PET, pojemniki PP
Szkło	butelki, słoiki
Metale	Fe, Al, puszki
Drewno	palety, gałęzie
Kompozyty	opakowania wielomateriałowe
Odpady niebezpieczne	baterie, farby
Inertne/mineralne	gruz, ceramika
Inne kategorie	gumy, skóra, telefony, zabawki
Odpad drobny <10 mm	-

### Wytyczne Atmoterm (2018)

W 2018 r. spółka Atmoterm przedstawiła wytyczne dla gmin, instalacji i firm badawczych. Wytyczne te przedstawiają czterostopniowy system badań składu morfologicznego, dostosowany do potrzeb różnych odbiorców i celów analitycznych:

1. Wersja I – badanie podstawowe
  - Próbka 25–50 kg obsługiwana ręcznie: przesiew sitami 100/40/10 mm, sortowanie frakcji >10 mm na 10 podstawowych kategorii (FD, OSR, OSZ, PAP, PL, TEX, SGL, MET, ORG, MIN).
  - Analizy: wilgotność i gęstość nasypowa.
  - Zastosowanie: szybka ocena skuteczności selektywnego zbierania i edukacja mieszkańców.

Legenda: FD – frakcja drobna, OSR – odpady spożywcze roślinne, OSZ – odpady spożywcze zwierzęce, PAP – papier i tektura, PL – tworzywa sztuczne, TEX – tekstylna, MET – metale, SGL – szkło, ORG – pozostałe organiczne, MIN – pozostałe mineralne

2. Wersja II – badanie rozszerzone
  - Próbka 100 kg, sita 100/80/40/20/10 mm, analogiczne frakcje materiałowe co w wersji I.
  - Dodatkowe analizy fizykochemiczne: wartość opałowa (LHV), strata prażenia (LOI), podstawowe pierwiastki (C, H, N, S, Cl) oraz metale ciężkie (ICP-OES).
  - Zastosowanie: ocena paliwowo-nawozowa strumienia odpadowego, planowanie instalacji MBP/RDF.
3. Wersja III – badanie całkowitego strumienia
  - Obejmuje wszystkie frakcje selektywnie zbierane: bioodpady (w tym parametry rolnicze C<sub>org</sub>, N, P, K), papier, szkło, tworzywa, ZSEiE, popioły, opony.
  - Dodatkowo: matryca surowcowa, udział tras odbioru, ważenie pozostałości.
  - Zastosowanie: pełny audyt gminy – plan gospodarki odpadami, audyt selektywnego zbierania.
4. Wersja IV – badanie w warunkach technologicznych
  - Próbki 1000 kg wprowadzone na linię MBP, pomiar mas i udziałów poszczególnych strumieni wyjściowych (magnes, NIR, balistyka).
  - Determinacja efektywności odzysku, czystości surowców, kalibracja linii technologicznej.
  - Zastosowanie: optymalizacja procesu MBP, wsparcie wdrożeń BAT.

Należy stwierdzić, że wytyczne uzupełniają normy i akty prawne UE oraz PN-EN, definiując szczegółowe kryteria doboru obszarów i tras badawczych, harmonogram (co najmniej roczna seria uwzględniająca sezonowość) oraz rekomendowany system weryfikacji i dokumentacji fotograficznej. Dzięki modularnemu podejściu gminy i instalacje MBP mogą dopasować zakres badań do budżetu i celów: od prostego monitoringu selektywnego zbierania po zaawansowaną kalibrację linii sortowniczej.

### Schemat IOŚ-PIB (2021)

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB)

w 2021 r. opracował dwuetapową metodę badań składu morfologicznego odpadów komunalnych w Polsce w systemie gminnym. Etapy określono w sposób następujący:

- Badania w instalacjach MBP
  - Próbki z instalacji MBP (Bielsko-Biała, Elk, Gdańsk, Jarocin, Płońsk, Puławy, Sianów, Świdnica, Zielona Góra).
  - Cztery serie sezonowe (luty–marzec, maj–czerwiec, lipiec–sierpień, październik–listopad).
  - Pobór: wysyp 500 kg zmieszanych odpadów, ćwiartowanie do ok. 100 kg próbki.
  - Analiza sitowa: sekwencyjne przesiewanie przez sita 100, 80, 40, 20 i 10 mm, frakcje >20 mm sortowane ręcznie.
  - Klasyfikacja materiałowa: 12 głównych kategorii (m.in. organika, papier, tworzywa, szkło, metale, drewno, odpady niebezpieczne) z podkategoriami (np. PET, folia, karton, baterie).
  - Ważenie każdej kategorii z dokładnością 0,05 kg; frakcja <10 mm poddana analizie chemicznej jako OFMSW.

## 2. Analiza morfologiczna odpadów w systemie gminnym

Dla danych ewidencyjnych z bazy danych o odpadach (BDO) dla odpadów niesegregowanych (kod 20 03 01) oraz selektywnie zbieranych (papier, szkło, tworzywa, metale), odpadów jednorodnych i PSZOK wprowadzono wskaźniki korekty masowej:

- Z – dla odpadów zmieszanych (korekta wilgotności i zanieczyszczeń w źródle vs w instalacji),
- S – dla strumieni selektywnych (np. wstępne sortowanie przed dostarczeniem),
- O – dla odpadów jednorodnych (jednorodność vs zanieczyszczenia),
- P – dla PSZOK (czystość materiałowa).

Takie podejście, według IOŚ-PIB, gwarantuje reprezentatywność badań, uwzględnia sezonowość i różnorodność strumieni odpadów oraz korektę wpływu procesów wstępnego sortowania i zmiany wilgotności na rzeczywiste udziały materiałów w odpadach.

Najważniejsze wnioski, jakie uzyskano:

- Biodopady stanowią aż 28–29% masy odpadów komunalnych, co podkreśla konieczność rozwoju infrastruktury i technologii przetwarzania organicznego (kompostowanie, biometanizacja) w celu osiągnięcia celów unijnych dotyczących przygotowania do ponownego użycia i recyklingu.

- łączny udział odpadów opakowaniowych (papier, tworzywa sztuczne, metale i szkło) w wytworzonych odpadach wyniósł około 28,3%, z potencjałem teoretycznym odzysku ok. 66% tej masy. W praktyce jednak do procesów ponownego użycia i recyklingu trafiło jedynie 21% odpadów komunalnych, co wskazuje na duży dystans do możliwości technologicznych oraz potrzebę wzmocnienia selektywnego zbierania i systemów odzysku.
- Zastosowanie wskaźników korekty masowej (Z, S, O, P) pozwoliło na skorygowanie wpływu wilgotności, wstępnego sortowania i zanieczyszczeń na rzeczywiste udziały materiałowe w strumieniach odpadów. To podejście eliminuje zafalszowania wyników i umożliwia bardziej precyzyjne planowanie systemów gospodarowania odpadami.
- Badanie wykazało, że wiele odpadów komunalnych jest ewidencjonowanych pod różnymi kodami, co utrudnia jednoznaczną ocenę składu morfologicznego całego strumienia. Konieczne jest ujednoczenie klasyfikacji i raportowania odpadów w systemie gminnym, zgodnie z wymogami UE, aby poprawić jakość danych

statystycznych i decyzyjnych.

- Analiza porównawcza kluczowych parametrów przedstawionych metodyk  
W tabeli 3 przedstawiono porównanie przywołanych w rozdziale 2 metodyk badawczych w ujęciu parametrów, które w największym stopniu determinują metodę: reprezentatywność wyniku, porównywalność między kampaniami i regionami, przydatność danych do projektowania instalacji oraz kosztocłonność i wykonalność organizacyjną badań.

## Analiza rozbieżności pomiędzy metodykami i proponowany sposób ujednoczenia

Analiza metodyk badania morfologii zmieszanych odpadów komunalnych wskazuje, że porównywalność wyników między nimi nie wynika z samego nazewnictwa frakcji, a częściej z trzech mechanizmów metodycznych, które omówiono poniżej:

(A) Masa próbki i sposób jej tworzenia (błąd losowania i redukcji):

Metody oparte o wsad rzędu 500 kg i redukcję do ~100 kg (Jędrzszak–Szpadt, IOŚ-PIB) ograniczają ryzyko, że nazwijmy to „rzadkie” frakcje (np. odpady niebezpieczne, ZSEiE, kompozyty) znikną

Tabela 3. Porównanie kluczowych parametrów w metodykach badania morfologii ZOK w Polsce  
Table 3. Comparison of key parameters in methodologies for the analysis of the morphological composition of mixed municipal waste (ZOK) in Poland

Parametr/ Metoda	PN-93/Z-15006 (wycofana)	Jędrzszak–Szpadt (2006)	Atmoterm (2018) – podejście modułowe	IOŚ-PIB (2021)
Cel	monitoring „klasyczny”, historyczna baza porównań	badania kompleksowe: sitowe + morfologia + chemia (MBP/energetyka)	dopasowanie do potrzeb: od „szybkiej diagnozy” po kalibrację MBP	ujednoczenie badań krajowych + korekty masowe w systemie gminnym
Poziom odniesienia	trasa/typ zabudowy	miasta duże/małe + gminy wiejskie	gmina / instalacja / linia technologiczna (wariant IV)	instalacje MBP + modelowanie do systemu gminnego
Sezonowość	pełny rok (miesięcznie lub kwartalnie)	4 serie w roku	rekomendacja badań w cyklu rocznym; zakres zależny od wariantu	4 serie sezonowe
Granica frakcji drobnej	<10 mm	<10 mm jako frakcja ważona	W1/W2: <10 mm; W4 zależnie od układu linii	<10 mm analizowana jako OFMSW
Układ sit (przykładowy) [mm]	100 / 40 / 10 (+ wydzielenie frakcji >100, 40–100, 10–40, <10)	100 / 80 / 40 / 20 / 10	W1: 100 / 40 / 10; W2: 100 / 80 / 40 / 20 / 10	100 / 80 / 40 / 20 / 10
Liczba frakcji materiałowych	ok. 10 kategorii (dla >10 mm)	12 kategorii (dla frakcji sortowanych) + moduł chemiczny	W1: 10 kategorii; W2: jak W1 + analizy; W3: pełen audyt strumieni; W4: strumienie wyższe linii	12 kategorii + podkategorie (np. PET/folia itd.)
Analizy uzupełniające	głównie ważenie frakcji; (inne normy pakietu: wilgotność)	wilgotność, LOI, LHV, metale ciężkie, S/Cl itd	W1: wilgotność, gęstość; W2: LHV/LOI/pierwiasłki/metale; W4: efektywność odzysku/czystość	analizy frakcji drobnej + podejście korekt masowych Z/S/O/P
Główna zaleta	sezonowość + prostota historyczna	„pełny obraz” wsadu dla MBP/energetyki	elastyczność (budżet/cel) + wariant technologiczny	największa spójność pod kątem ujednoczenia krajowego
Główne ograniczenie	brak współczesnej standaryzacji i zgodności terminologicznej	koszt i pracochłonność; wymagania lab.	ryzyko braku porównywalności między wariantami i wykonawcami	zależność od punktu poboru (MBP) + złożoność korekt

w próbie. Warianty nisko masowe (Atmoterm W1: 25–50 kg) są użyteczne raczej jako szybki monitoring, ale nie dają stabilnych estymacji dla frakcji o małych udziałach – mogą generować pozorne różnice między gminami, które są wynikiem próbkowania, a nie realnym efektem systemu zbiórki.

(B) Granica frakcji drobnej i układ sit (błąd „przerzutu” do FD)

Próg 10 mm jako granica drobnicy jest wspólny dla wszystkich podejść, ale różne układy pośrednich sit (np. 40 vs 20 mm) wpływają na to, ile organiki, drobnego szkła i nazwijmy to „mineraliów” trafia do FD, a ile jest sortowane ręcznie. To bezpośrednio zmienia raportowane udziały organiki i inerty oraz parametry paliwowe frakcji nadsitowej (RDF). W konsekwencji dwie kampanie mogą różnić się udziałem BIO nie dlatego, że mieszkańcy inaczej segregują, lecz dlatego, że inny był rozkład granulometryczny i „ścieżka” odsiewu.

(C) Katalog frakcji i stopień agregacji (błąd klasyfikacyjny)

Porównywanie wyników wymaga mapowania frakcji między metodykami. Przykład: „tworzywa sztuczne” w prostym podziale (PN/Atmoterm W1) nie jest równoważne sumie PET+folie+PP/PS w podejściu IOŚ-PIB. Im bardziej agregowany katalog frakcji, tym większe ryzyko, że różnice jakościowe (np. udział folii vs butelek PET) znikną, mimo że są kluczowe technologicznie (NIR, balistyka, RDF).

Wniosek praktyczny wydaje się prosty: porównywalność rośnie skokowo, gdy utrzymuje się podobną masę i logikę redukcji próbki, utrzymuje się podobną granulometrię (zwłaszcza w zakresie 10–40 mm) oraz stosuje się wspólną bazę frakcji raportowanych, a frakcje szczegółowe traktuje dopiero jako podział wtórny.

Stąd rekomendacja dla prowadzenia badania morfologii zmieszanych odpadów komunalnych powinna obejmować jako podstawę:

- wsad pierwotny rzędu ~500 kg i redukcja do ~100 kg w kontrolowany sposób (np. ćwiartowanie),
- sezonowość minimum 4 serie/rok,
- układ sit co najmniej 100/80/40/20/10 mm (lub równoważny) i jawne raportowanie mas frakcji sitowych,
- „rdzeń frakcji materiałowych” raportowany zawsze w tej samej agregacji (BIO, papier/tektura, tworzywa – min. PET vs folie, szkło, metale, tekstylia, drewno, kompozyty, mineralne/inertne, niebezpieczne, inne),
- obowiązkowe raportowanie: masa mokra + wilgotność.
- Modułami dobieranymi, w zależności od celu, mogłyby być:

- moduł paliwowy/energetyczny (LHV/LOI/Cl/S) – gdy projektuje się RDF/ITPOK,
- moduł technologiczny „na linii” (Atmoterm W4) – gdy optymalizuje się urządzenie,
- moduł korekt masowych (IOŚ-PIB) – gdy wyniki mają zasilać bilanse systemu gminnego.

## Podsumowanie

Przeprowadzona analiza pokazuje, że w Polsce funkcjonują równoległe metodyki o podobnym celu deklaracyjnym, lecz istotnie odmiennych założeniach operacyjnych, co wprost przekłada się na ryzyko błędnych wniosków planistycznych i inwestycyjnych. Największe rozbieżności nie wynikają z samego nazewnictwa frakcji, ale z mechaniki próbkowania i separacji: w szczególności z masy próbki pierwotnej i sposobu jej redukcji, z przyjętej granulometrii (w tym „przerzutu” masy do frakcji drobnej <10 mm) oraz z tego, czy frakcje raportuje się w układzie bardzo agregowanym, czy z podkategoriami kluczowymi technologicznie. To oznacza, że nawet dobrze przeprowadzone kampanie terenowe mogą dawać wyniki pozornie nieporównywalne, jeśli różni je logika sitowania, wielkość próbki albo sposób klasyfikacji tworzyw czy organiki, a nie realne zachowania mieszkańców czy efekty selektywnego zbierania odpadów.

W ujęciu praktycznym nie istnieje jedna „najlepsza” metodyka w oderwaniu od celu badania. Do porównań regionalnych i budowy spójnych benchmarków krajowych najbardziej użyteczne jest podejście IOŚ-PIB (2021), ponieważ kładzie nacisk na ujednoczoną sezonowość, spójną klasyfikację oraz mechanizmy korekt masowych, które mają znaczenie w bilansowaniu systemu gminnego. Z kolei procedura Jędrzaka–Szpadta (2006) oferuje najbardziej kompletny zestaw informacji dla decyzji technologicznych, w tym dla projektowania i walidacji MBP oraz analiz paliwowych, ale jest bardziej kosztowna i pracochłonna. Wytyczne Atmoterm (2018) są najbardziej elastyczne wdrożeniowo dzięki podejściu modułowemu, w tym wariantowi technologicznemu wykonywanemu „na linii”, jednak bez wspólnego rdzenia mogą generować wyniki trudne do zestawiania między wykonawcami i lokalizacjami. Norma PN-93/Z-15006 pozostaje istotna historycznie i bywa przywoływana w praktyce, ale w obecnych realiach nie zapewnia oczekiwanego poziomu standaryzacji i powinna być traktowana co najwyżej jako punkt odniesienia wymagający mapowania na współczesne frakcje i rygory-

stycznego doprecyzowania procedury.

Najbardziej racjonalnym kierunkiem jest ujednoczenie minimalnych warunków porównywalności poprzez wspólny rdzeń i moduły dobierane do celu. Rdzeń powinien obejmować kontrolowaną redukcję próbki z odpowiednio dużego wsadu pierwotnego, minimalną sezonowość w cyklu rocznym, jasno zdefiniowany układ sit i sposób traktowania frakcji drobnej oraz stały zestaw frakcji raportowanych w tej samej agregacji, najlepiej z obowiązkowym podaniem masy mokrej i wilgotności. Na tym fundamencie można budować rozszerzenia: moduł paliwowo-energetyczny dla RDF/ITPOK, moduł technologiczny dla optymalizacji linii MBP oraz moduł korekt masowych, gdy wyniki mają zasilać bilanse sprawozdawcze w systemie gminnym. Taki model pozwala jednocześnie zwiększyć porównywalność między regionami/kampaniami oraz zachować elastyczność organizacyjną, co jest kluczowe przy rosnących wymaganiach regulacyjnych i konieczności podejmowania decyzji na danych o wysokiej jakości.

## Podziękowania

*Praca została opracowana w ramach subwencji statutowej Politechniki Częstochowskiej Wydziału Infrastruktury i Środowiska.*

## Literatura

- [1] Mazur, M., Saluk, M., Jaźwiec, B., Frąk, B., den Boer, E., & den Boer, J. (2025). Optymalizacja odbioru odpadów komunalnych. Instal, (1), 53–55. DOI: 10.36119/15.2025.1.7
- [2] European Commission. (2020). A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe (COM(2020) 98 final). European Commission.
- [3] Eurostat. (2025). Municipal waste statistics (data extracted January 2025). Statistics Explained.
- [4] Kiprian, K., Łach, P., Nolepa, A., & Siemiątkowski, G. (2016). Metody oznaczania reprezentatywnego składu morfologicznego odpadów komunalnych. Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, 9(26), 61–71.
- [5] Malinowski, M., & Woźniak, A. (2010). Wybrane metody oznaczania składu morfologicznego odpadów komunalnych w Polsce i wybranych krajach UE. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, (13), 29–39.
- [6] Polski Komitet Normalizacyjny. (1993). Odpady komunalne stałe—Oznaczenie składu morfologicznego (PN-93/Z-15006). PKN.
- [7] Jędrzak, A., & Szpadta, R. (2006). Określenie metodyki badań składu sitowego, morfologicznego i chemicznego odpadów komunalnych [Raport]. Kamieniec Wrocławski–Zielona Góra, Polska.
- [8] Pietrzyk, J., Rackiewicz, I., Leoniewska-Gogola, J., & Pochwała, M. (2018). Wytyczne dla jednostek samorządu terytorialnego dotyczące realizacji badań w zakresie analizy składu morfologicznego odpadów komunalnych oraz wybranych właściwości fizycznych i chemicznych. Atmoterm S.A.

- [9] Waszczytko-Miłkowska, B., Kamińska-Borak, J., & Bernat, K. (2022). The real share of the morphological components of municipal waste generated in municipal systems in Poland. *Environmental Protection and Natural Resources*, 33, 13–18. <https://doi.org/10.2478/oszn-2022-0007>
- [10] Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy. (2022). *Morfologia odpadów komunalnych wytwarzanych w Polsce w systemie gminnym*. IOŚ-PIB.
- [11] ASTM International. (2003). Standard test method for determination of the composition of unprocessed municipal solid waste (ASTM D5231-92[2003]). ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D5231-92R03>
- [12] British Standards Institution. (2005). *Characterization of waste—Sampling of waste materials—Framework for the preparation and application of a sampling plan* (BS EN 14899:2005). BSI. <https://doi.org/10.3403/30112012U>
- [13] Gy, P. (2012). *Sampling of particulate materials: Theory and practice*. Elsevier. eBook ISBN: 9780444601353
- [14] Rada Ministrów. (2023, 12 czerwca). Uchwała nr 96 Rady Ministrów w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2028 (M.P. 2023 poz. 702).

# VALVES & PUMPS expo

## 2. EDYCJA

TARGI BRANŻY ARMATURY PRZEMYSŁOWEJ,  
POMP, ZAWORÓW I TECHNOLOGII PRZEPEŁYWU

**24 – 26 MARCA 2026**  
NADARZYN, AL. KATOWCKA 62

PTAK  
WARSAW  
EXPO



ZAREJESTRUJ SIĘ

STOWARZYSZENIE  
**SPAP**  
POLSKA ARMATURA PRZEMYSŁOWA

## EXPO-INSTAL

ŚLĄSKIE TARGI  
TECHNIK GRZEWCZYCH,  
KLIMATYZACJI, WENTYLACJI, OZE



26 MIĘDZYNARODOWE TARGI

## BUDOWNICTWA

INSTALACJI, WNĘTRZ

PreZero Arena **Gliwice**

**14-15**  
**marca**  
**2026**



## ŚLĄSKIE TARGI DOMÓW

- SZKIELETOWYCH
- MODUŁOWYCH
- MOBILNYCH



**sobota: 10:00 - 16:00 / niedziela: 10:00 - 16:00**

PROMOCJA  
TARGI

GLIWICE  
Przyszłość jest tu

pre  
zero  
Arena Gliwice

FUNDACJA  
RADAN

Stowarzyszenie Specjalistów  
Roboty Wykonawczych

Monitor  
Rynkowy

GRAMWZIELONE.PL

ROZUMIEMY  
MIARE

INSTAL

ŚLĄSKA IZBA  
BUDOWNICTWA

daibau

Polski Klaster  
Budowlany

ŚląskiBiznes.pl

Ecolnnowacje.pl

INSTALATOR

Politechnika  
Śląska

STOWARZYSZENIE  
BRANŻY FOTOWOLTAICZNEJ  
I MAGAZYNOWANIA ENERGII

DK DOPY  
KOMFORTOWE