

Na prawach rękopisu

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej

**WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW
NA GENEROWANIE ODPADÓW
BUDOWLANYCH W
PRZEDSIĘBIORSTWACH
BUDOWLANYCH**

**Raport serii PRE nr 5/2022
Praca doktorska**

mgr inż. arch. Marta Białko

Słowa kluczowe:
odpady budowlane,
źródła odpadów budowlanych,
metody redukcji odpadów,
czynniki behawioralne,
zarządzanie odpadami budowlanymi,
przedsiębiorstwa budowlane.

Promotor: prof. dr hab. inż. Bożena Hoła, prof. PWr

Wrocław, 11.05.2022

Autor (Autorzy):

1. mgr inż. arch. Marta Białko

Politechnika Wrocławska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Jednostka organizacyjna: Politechnika Wrocławska

Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Tel. 71 320 23 45 tel./fax. 71 320 36 45

Raport został złożony w Redakcji Wydawnictw Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w maju 2022 r.

Lista odbiorców:

Recenzenci	2 egz.
Promotor	1 egz.
Autor	2 egz.
Biblioteka Główna PWr	1 egz.
Archiwum W-2	1 egz.
<hr/>	
Razem	7 egz.

SPIS TREŚCI

Wykaz załączników.....	7
Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów stosowanych w pracy.....	7
Wykaz ważniejszych definicji stosowanych w pracy.....	8
1. Wstęp.....	12
1.1.Przedmiot pracy.....	12
1.2.Cel i zakres pracy.....	13
1.3.Zawartość pracy.....	13
2. Analiza literatury przedmiotu.....	15
2.1.Definicje odpadów budowlanych.....	15
2.2.Klasyfikacja odpadów budowlanych.....	17
2.3.Źródła generowania odpadów budowlanych.....	20
2.4.Masa generowanych odpadów i metody szacowania ilości odpadów budowlanych.....	23
2.5.Zarządzanie odpadami budowlanymi.....	28
2.5.1. Ogólne zasady gospodarowania odpadami, w tym odpadami budowlanymi, ujęte w prawie wybranych państw.....	28
2.5.2. Zrównoważone zarządzania odpadami i gospodarka o obiegu zamkniętym.....	30
2.5.3. Zrównoważone zarządzanie odpadami budowlanymi w nowym założeniu projektowym, w tym renowacji.....	38
2.5.4. Zrównoważone zarządzanie odpadami budowlanymi z rozbiórki.....	43
2.6.Podsumowanie przeglądu literatury.....	48
2.7.Uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy.....	54
3. Zakres badań własnych i zastosowana metodyka badań.....	56
3.1.Przeprowadzenie przeglądu literatury przedmiotu.....	58
3.2.Opracowanie projektu ankiety badawczej.....	58
3.2.1. Struktura ankiety.....	58
3.2.2. Zdefiniowanie populacji badawczej.....	60
3.3.Określenie wielkości próby badawczej.....	60
3.3.1. Określenie struktury populacji.....	60
3.3.2. Wielkość próby badawczej.....	61
3.4. Przeprowadzenie badań ankietowych w przedsiębiorstwach.....	61
3.5.Opracowanie metodyki analiz statystycznych.....	62

3.6. Analiza uzyskanych wyników badań.....	62
3.7. Wnioski.....	63
4. Charakterystyka badanej populacji.....	64
4.1. Wielkość i struktura badanej populacji.....	64
4.2. Analiza badanej populacji pod względem doświadczenia na rynku budowlanym.....	65
4.3. Analiza badanej populacji pod względem posiadanych certyfikatów jakości.....	66
4.4. Analiza badanej populacji pod względem posiadanych procedur redukcji odpadów budowlanych.....	67
4.5. Analiza badanej populacji pod względem liczby zrealizowanych obiektów i ich kubatury.....	68
4.6. Analiza badanej populacji pod względem całkowitej kubatury budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.....	68
4.7. Analiza badanej populacji pod względem funkcji i konstrukcji realizowanych budynków.....	69
4.8. Analiza badanej populacji pod względem rodzaju konstrukcji budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.....	70
4.9. Analiza badanej populacji pod względem wielkości generowanych odpadów budowlanych.....	71
4.10. Analiza badanej populacji pod względem sprzedaży odpadów stalowych do recyklingu.....	72
4.11. Podsumowanie.....	72
5. Opis konstrukcji budynków.....	74
5.1. Typowe konstrukcje budynków, przy których pracowali Respondenci.....	74
5.2. Cechy charakterystyczne konstrukcji, przy których pracowali Respondenci.....	77
5.2.1. Konstrukcje monolityczne.....	77
5.2.2. Konstrukcje murowane.....	77
5.2.3. Konstrukcje prefabrykowane.....	78
5.3. Podsumowanie.....	80
6. Identyfikacja metod redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach.....	82
6.1. Stosowane metody redukcji odpadów budowlanych.....	82
6.2. Metodyka identyfikacji metod redukcji odpadów budowlanych w zależności od wielkości przedsiębiorstwa.....	86
6.3. Wyniki badań i ich analiza.....	88

6.4.Wnioski.....	97
7. Ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach.....	104
7.1.Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych.....	104
7.1.1. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania.....	106
7.1.2. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy.....	109
7.1.3. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami.....	111
7.1.4. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy.....	113
7.2.Metodyka badań.....	115
7.2.1. Metodyka określenia kolejności czynników w rankingu.....	115
7.2.2. Metodyka badania zależności rankingu czynników od wielkości przedsiębiorstwa.....	116
7.3.Wyniki badań i ich analiza.....	117
7.3.1. Określenie kolejności czynników w rankingu.....	117
7.3.1.1.Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania.....	117
7.3.1.2.Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy.....	119
7.3.1.3.Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami.....	121
7.3.1.4.Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy.....	122
7.3.1.5.Ranking wszystkich czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych.....	124
7.3.2. Badanie różnic w ocenie wpływu czynników na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach różnych wielkości.....	125
7.3.3. Analiza wyników badań.....	128
7.4.Wnioski.....	131
8. Czynniki behawioralne wpływające na zarządzanie odpadami budowlanymi.....	134

8.1.Czynniki behawioralne mające wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi.....	134
8.2.Metodyka oceny zależności między poziomem świadomości pracowników a stosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych.....	137
8.3.Wyniki badań i ich analiza.....	139
8.3.1. Zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikiem liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych.....	143
8.3.2. Zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikiem liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych.....	144
8.3.3. Analiza wyników badań.....	146
8.4.Wnioski.....	149
9. Podsumowanie.....	152
9.1.Metody redukcji odpadów budowlanych stosowane w przedsiębiorstwach budowlanych.....	152
9.2.Ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach o różnej wielkości.....	155
9.3.Wpływ czynników behawioralnych na zarządzanie odpadami budowlanymi.....	157
Streszczenie.....	160
Abstract.....	163
Bibliografia.....	166
Załącznik A.....	176
Załącznik B.....	182

Wykaz załączników

Załącznik A – formularz ankiety badawczej.

Załącznik B – szczegółowe wyniki badań dotyczące metod redukcji odpadów budowlanych stosowanych przez przedsiębiorstwa budowlane.

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów stosowanych w pracy

Oznaczenia i skróty	Objaśnienie
c	Liczba poziomów zmiennej Y
C	Suma równych sobie rang
χ^2	Statystyka testu Chi-kwadrat
CSA	Metody szacowania ilości odpadów budowlanych oparte na istniejących systemach klasyfikacji
d	Maksymalny dopuszczalny błąd pomiaru ($d = 10\%$)
D	Test normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa
d_i	Różnica rang dla zmiennej X i zmiennej Y
E_{ij}	Licznosci teoretyczne
EUROSTAT	Europejski Urząd Statystyczny (ang. European Statistical Office)
EZŁ	Dokument 'Europejski Zielony Ład'
$F(x)$	Teoretyczna dystrybuenta rozkładu normalnego
$F_n(x)$	Empiryczna dystrybuenta rozkładu normalnego dla n -elementowej próby
GOZ	Gospodarka o obiegu zamkniętym
GRC	Metody szacowania ilości odpadów budowlanych polegające na obliczaniu współczynnika
GUS	Główny Urząd Statystyczny
H	Test H Kruskala-Wallisa
H_0	Hipoteza zerowa
H_1	Hipoteza alternatywna
K	Kelvin
Kpgo 2022	Krajowy plan gospodarki odpadami 2022
$Kurt$	Kurtoza
LA	Metody szacowania ilości odpadów budowlanych polegające na analizie długości życia
M	Średnia arytmetyczna
ME	Mediana
MEE	Metody makroekonomiczna i mikroekonomiczna szacowania ilości odpadów budowlanych
Mg	Megagram / tona

MP	Metoda procentowa szacowania ilości odpadów budowlanych
MPP	Metoda szacunkowa szacowania ilości odpadów budowlanych
N	Liczebność populacji generalnej
n_i	Liczebność próby dla subpopulacji i , $i = 1, \dots, I$
O_{ij}	Liczebności obserwowane – pozyskane z ankiet
p	Prawdopodobieństwo
P	Populacja generalna
p_i	Estymator frakcji i w populacji P , $i = 1, \dots, I$
Pm	Pozostałe metody szacowania ilości odpadów budowlanych
PW	Siła zależności między metodą redukcji odpadów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa
r	Liczba poziomów zmiennej X
R_{ij}	Rangi przypisane do wartości zmiennej, dla $(i = 1, 2, \dots, n_j)$, $(j = 1, 2, \dots, k)$
r_s	Współczynnik korelacji rang Spearmana
SD	Odchylenie standardowe
Sk	Skośność
SV	Metody szacowania ilości odpadów budowlanych oparte na wizytowaniu budowy
SZ	Siła zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a liczbą stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych
t	Liczba przypadków wchodzących w skład rangi wiązanej
U	Współczynnik przenikania ciepła
$u_{1-\alpha/2}$	Wartość z rozkładu normalnego dla współczynnika ufności $(1 - \alpha)$
W	Wat
χ^2	Statystyka chi-kwadrat
ZEA	Zjednoczone Emiraty Arabskie
ZWE	Organizacja Zero Waste Europe
α	Poziom istotności ($\alpha = 0,05$)

Wykaz ważniejszych definicji stosowanych w pracy

Pojęcie	Objaśnienie	Bibliografia
Cykl życia	‘oznacza wszystkie kolejne lub powiązane ze sobą etapy, w tym działania badawczo-rozwojowe, które należy wykonać, produkcję, obrót i jego warunki, transport, użytkowanie i utrzymanie, w całym okresie istnienia produktu lub obiektu budowlanego lub świadczenia usługi, od nabycia surowca lub wytworzenia zasobów po wywóz, usunięcie i zakończenie obsługi lub użytkowania;’	Dz. U. UE L94/65 Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych, uchylająca dyrektywę 2004/18/WE

Gleba	‘oznacza górną warstwę litosfery, złożoną z części mineralnych, materii organicznej, wody glebowej, powietrza glebowego i organizmów, obejmującą wierzchnią warstwę gleby i podglebie,’	Dz. U. z 2021 r. poz. 1973, 2127, 2269., Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska
Gospodarka o obiegu zamkniętym	‘Gospodarka o obiegu zamkniętym (dalej: GOZ) to model rozwoju gospodarczego, w którym przy zachowaniu warunku wydajności spełnione są następujące podstawowe założenia: a) wartość dodana surowców/zasobów, materiałów i produktów jest maksymalizowana lub b) ilość wytwarzanych odpadów jest minimalizowana, a powstające odpady są zagospodarowywane zgodnie z hierarchią sposobów postępowania z odpadami (zapobieganie powstawaniu odpadów, przygotowywanie do ponownego użycia, recykling, inne sposoby odzysku, unieszkodliwienie).’	Mapa Drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, 2019
Gospodarowanie odpadami	‘rozumie się przez to zbieranie, transport, przetwarzanie odpadów, łącznie z nadzorem nad tego rodzaju działaniami, jak również późniejsze postępowanie z miejscami unieszkodliwiania odpadów oraz działania wykonywane w charakterze sprzedawcy odpadów lub pośrednika w obrocie odpadami;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Hierarchia sposobów postępowania z odpadami	‘Art. 17. Wprowadza się następującą hierarchię sposobów postępowania z odpadami: 1) zapobieganie powstawaniu odpadów; 2) przygotowywanie do ponownego użycia; 3) recykling; 4) inne procesy odzysku; 5) unieszkodliwianie.’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Odpady	‘rozumie się przez to każdą substancję lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Odpady budowlane	Odpady budowlane są zdefiniowane jako ‘odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych)’	Dz. U. Poz. 1923 z 29.12.2014, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 roku, w sprawie katalogu odpadów
Odzysk	‘rozumie się przez to jakikolwiek 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;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Odzysk energii	‘rozumie się przez to termiczne przekształcanie odpadów w celu odzyskania energii;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach

Ponowne użycie	‘rozumie się przez to działanie polegające na wykorzystywaniu produktów lub części produktów niebędących odpadami ponownie do tego samego celu, do którego były przeznaczone;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Przetwarzanie	‘rozumie się przez to procesy odzysku lub unieszkodliwiania, w tym przygotowanie poprzedzające odzysk lub unieszkodliwianie;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Przygotowanie do ponownego użycia	‘rozumie się przez to odzysk polegający na sprawdzeniu, czyszczeniu lub naprawie, w ramach którego produkty lub części produktów, które wcześniej stały się odpadami, są przygotowywane do tego, aby mogły być ponownie wykorzystywane bez jakichkolwiek innych czynności wstępnego przetwarzania;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Recykling	‘rozumie się przez to 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;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Składowisko odpadów	‘rozumie się przez to obiekt budowlany przeznaczony do składowania odpadów;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Środowisko	‘rozumie się przez to ogół elementów przyrodniczych, w tym także przekształconych w wyniku działalności człowieka, a w szczególności powierzchnię ziemi, kopaliny, wody, powietrze, krajobraz, klimat oraz pozostałe elementy różnorodności biologicznej, a także wzajemne oddziaływania pomiędzy tymi elementami;’	Dz. U. z 2021 r. poz. 1973, 2127, 2269., Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska
Zapobieganie powstawaniu odpadów	‘rozumie się przez to środki zastosowane w odniesieniu do produktu, materiału lub substancji, zanim staną się one odpadami, zmniejszające: a) ilość odpadów, w tym również przez ponowne użycie lub wydłużenie okresu dalszego używania produktu, b) negatywne oddziaływanie wytworzonych odpadów na środowisko i zdrowie ludzi, c) zawartość substancji szkodliwych w produkcie i materiale;’	Dz. U. 2013 poz. 21 Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach
Ziemia	‘oznacza górną warstwę litosfery, znajdującą się poniżej gleby, do głębokości oddziaływania człowieka;’	Dz. U. z 2021 r. poz. 1973, 2127, 2269., Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska
Zrównoważony rozwój	‘Na obecnym poziomie cywilizacyjnym możliwy jest rozwój zrównoważony, to jest taki rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie.’	Raport Brundtland, 1987
	‘rozumie się przez to taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych,	Dz. U. z 2021 r. poz. 1973, 2127, 2269., Ustawa z dnia 27

	gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń.'	kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska
--	---	---

1. Wstęp

1.1. Przedmiot pracy

Rozwój cywilizacyjny niesie ze sobą pozytywne jak i negatywne skutki, które w sposób pośredni bądź bezpośredni wpływają na środowisko. Działania człowieka jako jednostki i ogółu, przy ciągłym rozwoju gospodarki prowadzą do zużywania energii i zasobów naturalnych. Jedną z dziedzin mających ogromny wpływ na zmiany środowiskowe jest budownictwo [Bougdah i Sharples, 2009]. Budynki, w czasie eksploatacji, zużywają energię na ogrzewanie, światło, wentylację i zapotrzebowania mieszkańców budynku. W okresie realizacji energia zużywana jest podczas produkcji materiałów budowlanych, w trakcie budowy, remontów i rozbiórki [Bougdah i Sharples, 2009]. Budynki również są źródłem produkcji dużej części odpadów (30% ogólnej ilości odpadów produkowanych przez miasto) jak i zanieczyszczeń powietrza (ok 50% CO₂ jest produkowane przez budynki) [Czarnecki i Paszkowski, 2016]. Budownictwo jest jedną z głównych przyczyn globalnego ocieplenia, zmiany klimatu, zanieczyszczenia powietrza oraz wywoływania kwaśnych deszczy [Bougdah i Sharples, 2009]. Według statystyk Eurostat, 27 krajów członkowskich Unii Europejskiej, wytworzyło w 2018 roku 2,3 miliarda ton odpadów (tj. 7 ton na osobę), z których 35.9% to odpady budowlane (838 milionów ton) [Eurostat, 2021]. Według badań GUS, w Polsce, w 2020 roku wytworzono 109.4 tysięcy ton odpadów, z czego trzecią i czwartą grupą pod względem ilości odpadów, są odpady z wyrobów i elementów budowlanych i inne odpady z budowy, remontów i demontażu [GUS, 2020].

Ilość odpadów budowlanych można minimalizować poprzez odpowiednie zarządzanie nimi w całym cyklu życia budynku. Efektywność zarządzania odpadami budowlanymi zależy od wielu przyczyn, jak poprawne zidentyfikowanie źródeł i czynników mających wpływ na produkcję odpadów oraz odpowiednie dobranie metod minimalizujących odpady. Pomimo tego, że te zagadnienia, tak samo jak i zarządzanie odpadami budowlanymi, zostały wielokrotnie opisane w literaturze, problem produkcji odpadów budowlanych wciąż jest aktualny na całym świecie. W związku z tym, należy zbadać z jakiego powodu wyniki wieloletnich badań naukowych nie są odpowiednio wdrażane w życie. Wykrycie określonych zależności, którym podlega brak zastosowania teorii w praktyce jest możliwe tylko na podstawie zbadania praktyk przedsiębiorstw budowlanych.

W przedstawionej pracy, badania zostały przeprowadzone wśród przedsiębiorstw budowlanych, które pogrupowano według wielkości. Badania miały na celu zidentyfikowanie metod redukcji odpadów budowlanych, określenie rankingu czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych i określenie wpływu czynników behawioralnych na generowanie odpadów budowlanych. Dzięki tak postawionym celom, było możliwe określenie praktyk w przedsiębiorstwach budowlanych, a co za tym idzie określenie problemów związanych z redukcją odpadów budowlanych i wyciągnięcie wniosków, które mogą być pomocne w formułowaniu dalszych działań.

Miejsce przeprowadzenia badań zostało wybrane ze względu na miejsce zamieszkania i pracy Autorki. Badania zostały przeprowadzone w Zjednoczonych Emiratach Arabskich w Emiracie Szardży. Natomiast wszelkie przytoczone przepisy dotyczące redukcji odpadów

budowlanych zostały zasięgnięte z prawa Polski, Unii Europejskiej i Zjednoczonych Emiratów Arabskich.

Wspomniane wyżej zagadnienia są przedmiotem w niniejszej pracy.

1.2. Cel i zakres pracy

Celem głównym prowadzenia badań było uzyskanie informacji z praktyki budowlanej, które stanowiłyby podstawę do określenia zależności między wybranymi czynnikami mającymi wpływ na generowanie odpadów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa.

Na podstawie badań przeprowadzonych w odpowiednio licznej grupie przedsiębiorstw budowlanych możliwe jest:

- Zidentyfikowanie metod redukcji odpadów budowlanych stosowanych w przedsiębiorstwach o zdefiniowanej wielkości.
- Określenie rankingu czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach o zdefiniowanej wielkości.
- Określenie wpływu czynników behawioralnych na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach o zdefiniowanej wielkości.

W rozprawie wyróżniono poniższe cele cząstkowe:

1. Przeprowadzenie krytycznej analizy literatury przedmiotu.
2. Opracowanie kwestionariuszy ankietowych dla pozyskania informacji od przedsiębiorstw budowlanych.
3. Uzyskanie materiału badawczego poprzez przeprowadzenie badań wśród przedsiębiorstw budowlanych.
4. Sporządzenie informatycznej (Excel) bazy danych dla uzyskanego materiału badawczego.
5. Przeanalizowanie materiału badawczego. Określenie zależności między wielkością przedsiębiorstwa a wybranymi czynnikami w aspekcie metod redukcji odpadów, rankingu czynników występujących w procesie inwestycyjnym i czynników behawioralnych.
6. Wyciągnięcie wniosków.

Wyszczególnione cele cząstkowe składają się na osiągnięcie celu głównego.

1.3. Zawartość pracy

Praca składa się z 9 rozdziałów:

- ➔ Rozdział 1 zawiera omówienie przedmiotu, celu oraz zakresu pracy razem z wyszczególnieniem zawartości pracy.
- ➔ Rozdział 2 zawiera przegląd literatury przedmiotu, w którym zostały omówione takie zagadnienia jak: definicje i klasyfikacja odpadów, źródła generowania odpadów razem

z ich masą oraz zasady zrównoważonego zarządzania odpadami budowlanymi. Pod koniec rozdziału 2 zamieszczono uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy.

- ➔ Rozdział 3 zawiera zakres badań własnych i zastosowaną metodykę badań.
- ➔ Rozdział 4 zawiera charakterystykę badanej populacji, która obejmuje wielkość i strukturę badanej populacji oraz analizę badanej populacji w odniesieniu do wybranych cech.
- ➔ Rozdział 5 zawiera opis najczęściej stosowanych konstrukcji budynków, przy których pracowali Respondenci. W tym rozdziale opisano zastosowanie konstrukcji monolitycznych, murowanych i prefabrykowanych.
- ➔ Rozdział 6 zawiera identyfikację metod redukcji odpadów budowlanych w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. W pierwszej części rozdziału opisano stosowane metody redukcji odpadów budowlanych i metodykę identyfikacji tych metod w zależności od wielkości przedsiębiorstwa. Następnie przedstawiono wyniki badań i ich analizę. Na koniec rozdziału wyciągnięto wnioski z przeprowadzonej analizy badań.
- ➔ Rozdział 7 zawiera ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach o zdefiniowanej wielkości. Na początku rozdziału przeanalizowano czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych. Później opisano metodykę badań określenia kolejności czynników w rankingu i zależności rankingu czynników od wielkości przedsiębiorstwa. Dalej przedstawiono wyniki badań i ich analizę, oraz wnioski z przeprowadzonych analiz.
- ➔ Rozdział 8 zawiera analizę czynników behawioralnych wpływających na zarządzanie odpadami budowlanymi. Najpierw opisano czynniki behawioralne mające wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi i metodykę oceny zależności między poziomem świadomości pracowników a stosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych. Następnie zaprezentowano wyniki badań i ich analizę. Rozdział zakończono przedstawieniem wniosków przeprowadzonej analizy badań.
- ➔ Rozdział 9 zawiera podsumowanie przeprowadzonych badań.

2. Analiza literatury przedmiotu

W rozdziale tym przedstawiono najczęściej występujące w literaturze przedmiotu definicje odpadów budowlanych, ich klasyfikację, źródła generowania odpadów budowlanych oraz ich masę. Zamieszczono również wyniki badań wskazujące, że źródła generowania odpadów budowlanych występują na każdym etapie cyklu życia budynku. Na rysunku 2.1. przedstawiono schemat obrazujący zawartość rozdziału ułatwiający czytelnikowi znalezienie wymienionych wyżej zagadnień.



Rys. 2.1. Schemat zawartości rozdziału 2.

2.1. Definicje odpadów budowlanych

W literaturze przedmiotu odpady budowlane są definiowane na wiele sposobów, jednym z nich jest określenie odpadów jako podstawowego strumienia odpadów wytwarzanych w nowoczesnym społeczeństwie, których ilość rośnie wraz z obecną ogólnościową urbanizacją [Zhang i inni, 2022]. Odpady budowlane mogą być ogólnie

określone jako wyroby wytwarzane *‘w procesie produkcji, budowy, remontu lub rozbiórki konstrukcji’* [Yeheyis i inni, 2013] i w trakcie prac wykopaliskowych [Silva Souza i inni, 2022]. Zgodnie z Building Research Establishment (BRE) (1978) odpady mogą być również określone jako *‘różnica pomiędzy wyrobami zamówionymi i tymi zużytymi do budowy budynku’*. Bardziej szczegółowa definicja zastała wykreowana przez A. Dania [Dania i inni, 2007]. Brzmi ona: *‘odpady budowlane i rozbiórkowe to złożony strumień odpadów, składający się z szerokiej gamy wyrobów, takich jak, gruz, ziemia (przyp. aut. grunt budowlany), beton, stal, drewno oraz mieszanki wyrobów, wynikającej z różnych prac budowlanych, w tym usuwania gruntu, rozbiórki, prac drogowych oraz modernizacji budynków.’* Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych tak definiuje odpady budowlane: *‘wyroby budowlane i rozbiórkowe składają się z resztek powstałych w trakcie budowy, remontu i rozbiórki budynków, dróg i mostów.’* [Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych, 2017].

Według opracowań J. Adamczyka i R. Dylewskiego, odpady budowlane generowane w całym cyklu istnienia budynku *‘to odpady powstające w fazie budowy, remontów, przebudowy, nadbudowy oraz rozbiórki obiektu budowlanego.’* [Adamczyk, Dylewski, 2013]. W polskim ustawodawstwie [Dz. U. 2013 poz. 21. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach] za odpady uważa się *‘każdą substancję lub przedmiot należący do jednej z kategorii, określonych w załączniku nr 1 do ustawy, których posiadacz pozbywa się, zamierza pozbyć się lub do ich pozbycia się jest zobowiązany.’* Nawiązując do tej definicji należy stwierdzić, *‘że w przypadku prowadzenia budowy (rozbiórki) czy remontu, odpadem będzie każdy wyrób, rzecz, którą uznać należy za wytworzoną jako efekt uboczny tej działalności i do tego zbędną.’* [Dyka, 2015]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 roku, w sprawie katalogu odpadów, klasyfikuje odpady w zależności od źródła powstania na 20 grup. Odpady budowlane stanowią grupę 17 i są zdefiniowane jako *‘odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych)’* [Dz. U. Poz. 1923 z 29.12.2014]. Dodatkowo na terenie budowy powstają również odpady komunalne (grupa 20) oraz odpady opakowaniowe z grupy 15, gdzie odpady budowlane występują również w grupie odpadów komunalnych [Zając i Gołębiowska, 2014].

W emirackim prawie federalnym odpady są ogólnie zdefiniowane jako, wszystkie toksyczne i nietoksyczne odpady, w tym odpady nuklearne, które muszą być usuwane i utylizowane zgodnie z przepisami prawa i obejmują, między innymi odpady stałe takie jak odpady komunalne, przemysłowe, rolnicze, medyczne i budowlane [MOCCA, Federal Law No. 12, 2018]. W poszczególnych emiratach, lokalne prawo, jeśli takie istnieje, określa definicję odpadów budowlanych. W Abu Zabi odpady budowlane są zdefiniowane w bardzo szczegółowy sposób, jako niesegregowany wyrób (inny niż wyrób zawierający azbest), który pochodzi z: (1) rozbiórki, montażu, budowy, remontu lub przebudowy budynków innych niż: zakłady chemiczne, obiekty unieszkodliwiające odpady, kopalnie, zakłady renowacji kontenerów i pojemników; (2) budowy, wymiany, naprawy lub modyfikacji infrastruktury, takiej jak np. drogi, tunele, kanalizacja i wodociągi oraz lotniska i zawiera wyroby takie jak: cegły, beton, papier, tworzywa sztuczne, szkło, metal i drewno włączając niesegregowane drewno, ale wykluczając drewno poddane obróbce chemicznej przy użyciu środków takich jak: chromowany arsenian miedzi, krezot, organiczne rozpuszczalniki i środki impregnujące. Do odpadów budowlanych nie zalicza się gleby uzyskanej przy usuwaniu gruntu pod budowę [EAD, 2016]. Według lokalnego prawa Dubaju, odpady budowlane to odpady powstające w

wyniku budowy i rozbiórki, i zawierające wyroby takie jak: drewno, stal, beton, pył, piasek, wyroby wypełniające, itp. [Dubai Municipality, 2009].

Raport wykonany przez grupę Symonds na zleceni Komisji Unii Europejskiej z 1999 roku, definiuje odpady budowlane jako szeroką gamę wyrobów powstałą z całkowitej lub częściowej rozbiórki budynku / dróg, budowy budynków / dróg, usuwania gruntów, robót budowlanych, prac konserwatorskich budynków/ dróg [Symonds Group Ltd i inni, 1999]. Przytoczone powyżej definicje pokazują, że ogólnie odpady budowlane to są wyroby zbędne generowane w trakcie wszelkich działań budowlanych [Li, 2013].

2.2. Klasyfikacja odpadów budowlanych

W związku z rozbieżnościami w definiowaniu odpadów budowlanych w różnych krajach, UE opracowała Europejski Katalog Odpadów dla państw członkowskich. W katalogu tym wyszczególniono odpady budowlane, w skład których wchodzi następujące wyroby: (1) beton, cegły, płytki ceramiczne, ceramika i wyroby na bazie gipsu; (2) drewno; (3) szkło; (4) tworzywa sztuczne; (5) asfalt, smoła i produkty smołowe; (6) metale (w tym stopy metali); (7) gleba i urobek; (8) wyroby izolacyjne; (9) mieszane odpady budowlane; (10) niebezpieczne odpady budowlane [Dz.U. Unii Europejskiej C 124 z 9.04.2018; Symonds Group Ltd i inni, 1999].

W Polsce, w Krajowym planie gospodarki odpadami 2022, który jest zgodny z wytycznymi dyrektywy 2018/851 i 2008/98/WE, dokonano podziału odpadów. Czwartą w kolejności kategorią są odpady ‘pozostałe’, w skład których wchodzi ‘odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej’. W tabeli 2.1 przedstawione są podgrupy tej kategorii odpadów.

Tabela 2.1. Podgrupy budowlano – rozbiórkowej kategorii odpadów według Krajowego planu gospodarki odpadami 2022.

Nr	Kod odpadu	Nazwa odpadu
1	1701	Odpady wyrobów i elementów budowlanych oraz infrastruktury drogowej, na przykład beton, cegły, płyty, ceramika
2	1702	Odpady drewna, szkła i tworzyw sztucznych
3	1703	Odpady asfaltów, smół i produktów smołowych
4	1704	Odpady i złomy metaliczne oraz stopów metali
5	1705	Gleba i ziemia, włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych oraz urobek z pogłębiania
6	1706	Wyroby izolacyjne oraz wyroby konstrukcyjne zawierające azbest
7	1708	Wyroby konstrukcyjne zawierające gips
8	1709	Inne odpady z budowy, remontów i demontażu

W ZEA kategorie odpadów budowlanych różnią się w zależności od emiratu. W Szardży rozróżnia się trzy rodzaje odpadów budowlanych: budowlane mineralne, budowlane mieszane i asfalt [Bee'ah, 2017]. W Abu Zabi wyszczególnione są również trzy kategorie odpadów budowlanych: (1) nietoksyczne odpady stałe (biodegradowalne odpady stałe, nierecyklingowalne i niebiodegradowalne odpady stałe, recyklingowalne i biodegradowalne odpady stałe), (2) nietoksyczne odpady ciekłe i (3) toksyczne odpady (ciekłe i stałe). Odpady budowlane i rozbiórkowe znajdują się w kategorii 1c. [EAD, 2016]. Natomiast w Dubaju odpady budowlane są klasyfikowane według czterech głównych kategorii: odpady komunalne, zielone, budowlane i niebezpieczne [Dubai Municipality, 2009].

Oprócz zapisów prawnych dokonano szeregu badań naukowych, aby określić charakterystykę składu odpadów budowlanych. Badania przeprowadzone przez grupę Deloitte na zlecenie Komisji Unii Europejskiej w 2015 roku, które miały na celu zbadanie obecnej sytuacji w zakresie gospodarowania odpadami z budowy i rozbiórki w państwach członkowskich UE, zidentyfikowały, że w większości państw członkowskich głównymi rodzajami odpadów są beton, cegły, płytki i ceramika [European Commission, 2017]. Według badań przeprowadzonych w Kanadzie, do odpadów budowlanych najczęściej należą: beton, stal, cegła, wyroby izolacyjne, szkło, ceramika, aluminium, plastik, farby, drewno, płyta gipsowa, karton i wyroby zawierające azbest [Yeheyis i inni, 2013]. W tabeli 2.2, zestawione zostały najczęściej spotykane odpady budowlane w ZEA, które to wyłoniono podczas badań przeprowadzonych na budowach w Abu Zabi i w Dubaju, gdzie prace budowlane odbywały się na różnych etapach wykończenia [Al-Hajj i Hamani, 2011].

Tabela 2.2. Najczęściej spotykane odpady budowlane w ZEA [Al-Hajj i Hamani, 2011].

Rodzaj odpadów	Procent z całości uzyskanych odpadów [%]
Opakowania	16,3
Drewno	13,9
Cegły	11,3
Plastik	9,3
Płyta gipsowa	8,4
Cement	7,8
Płytki ceramiczne	7,4
Beton	4,1
Metal	3,9
Wyroby izolacyjne	3,8

Odpady budowlane można podzielić nie tylko ze względu na skład, ale również na właściwości danych wyrobów. W Hongkongu, Wielkiej Brytanii i Australii odpady budowlane

dzieli się na dwie grupy, obojętne i nieobojętne, w zależności od możliwości wystąpienia aktywnych reakcji z otaczającym środowiskiem. Materiały obojętne obejmują skały, glebę, ziemię i gruz betonowy; odpady nieobojętne są organiczne, takie jak drewno, bambus i roślinność [Wu i inni, 2019; Lu i inni, 2020; Bao i Lu, 2021]. Następnie, na podstawie badań przeprowadzonych w Kanadzie, posegregowano odpady na nadające się i nienadające się do recyklingu, odpady potencjalnie biodegradowalne, odpady potencjalnie nadające się do wywożenia na składowisko odpadów oraz odpady potencjalnie nadające się do spopielenia (tabela 2.3 i 2.4) [Yeheyis i inni, 2013].

Tabela 2.3. Podział odpadów budowlanych na nadające się i nienadające się do recyklingu [Yeheyis i inni, 2013].

Odpady budowlane		Potencjalne produkty końcowe recyklingu
Nadające się do recyklingu	Nie nadające się do recyklingu	
Beton	-	Kruszywo na podbudowę i do produkcji betonu
Stal	-	Stal
Cegła	-	Zasyпка i kruszywo
Wyroby izolacyjne	-	Wyroby do ocieplania poddaszy i wyroby dźwiękoszczelne do ścian wewnętrznych
Szkło	-	Włókno szklane jako pucolany w cemencie
Ceramika	-	Gruboziarniste kruszywo do produkcji betonu
Aluminium	-	Aluminium
Plastik	-	Plastik
Farby	-	Farby i domieszki do betonu
Drewno	-	Fornir i masa papiernicza
Płyta gipsowa	-	Płyty gipsowe i pył jako składnik gliny oraz mułu
Karton	-	Podpałki, składnik do produkcji papieru i kompostów
-	wyroby zawierające azbest	-

Tabela 2.4. Podział odpadów budowlanych na odpady potencjalnie biodegradowalne, odpady potencjalnie nadające się do wywożenia na składowisko odpadów oraz odpady potencjalnie nadające się do spopielenia [Yeheyis i inni, 2013].

Odpady budowlane	Potencjalnie ulegające biodegradacji	Potencjalnie nadające się do wywożenia na składowisko odpadów	Potencjalnie nadające się do spielania
Beton	Nie	Tak	Nie
Stal	Nie	Nie	Nie
Cegła	Nie	Tak	Nie
Wyroby izolacyjne	Nie	Nie	Tak
Szkło	Nie	Tak	Nie
Ceramika	Nie	Tak	Nie
Aluminium	Nie	Nie	Nie
Plastik	Niektóre rodzaje plastiku ulegają biodegradacji	Nie	Tak
Farby	Niektóre rodzaje farb ulegają biodegradacji	Nie	Tak
Drewno	Tak	Tak	Tak
Płyta gipsowa	Tak	Nie	Nie
Karton	Tak	Tak	Tak
Wyroby zawierające azbest	Nie	Tak, ale musi być odpowiednio zabezpieczony	Nie

2.3. Źródła generowania odpadów budowlanych

W celu określenia źródeł powstawania odpadów budowlanych w cyklu życia budynku zostały przeprowadzone liczne badania. Podczas jednych z pierwszych opublikowanych badań przeprowadzonych w Holandii przez Gavilan i Bernold (1994) wyłoniono sześć głównych źródeł powstawania odpadów budowlanych: (1) projektowanie, (2) produkcja i dostawa, (3) zarządzanie wyrobami, (4) budowanie, (5) pozostałości produkcyjne, w tym złom i wyroby eksploatacyjne, oraz (6) inne. Późniejsze prace badawcze przeprowadzone przez Bossinka i Brouwersa w 1996 roku, które wzorowały się na badaniach Gavilan i Bernold z 1994 roku, wzbogaciły postrzeganie źródeł i czynników mających wpływ na powstawania odpadów budowlanych o następne detale. W 2004 roku w Singapurze przeprowadzono ankiety wśród 'dużych' [Ekanayake i Ofori, 2004] generalnych wykonawców, w których do oceny problemu zastosowano pięciostopniową skalę Likerta. Ekanayake i Ofori (2004) wyróżnili cztery główne źródła powstawania odpadów budowlanych: (1) projektowanie, (2) produkcja i dostawa (3)

zarządzanie wyrobami, oraz (4) budowa. Zestawienie źródeł generowania odpadów z powyższych prac badawczych zostało przedstawione w tabeli 2.5.

Tabela 2.5. Zestawienie źródeł i czynników mających wpływ na powstawania odpadów budowlanych wg. [Bossink i Brouwers, 1996; Gavilan i Bernold, 1994; Ekanayake i Ofori, 2004].

Numer	Źródła	Czynniki
1	Projektowanie	Błąd w dokumentach projektowych
		Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy
		Zmiany w projekcie
		Źle dobrane specyfikacje produktów
		Wybór produktów o niskiej jakości
		Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych produktów
		Brak wiedzy projektanta o możliwościach różnych produktów
		Brak wiedzy projektanta nt. technologii wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą
2	Produkcja / Dostawa	Błędy w zamawianiu wyrobów (zamawianie zbyt dużej lub zbyt małej ilości wyrobu, źle dobrane produkty itp.)
		Błędy dostawcy
		Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu
3	Zarządzanie wyrobami	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie
		Niewłaściwe przechowywanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów
		Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów
		Stosowanie opakowań jednorazowego użytku
4	Budowanie	Błędy popełniane przez pracowników
		Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu
		Warunki atmosferyczne
		Wypadki przy pracy
		Szkody spowodowane przez pośrednich dostawców
		Użycie niewłaściwych wyrobów zastępczych

		Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem
		Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy
5	Pozostałości produkcyjne	Przycinanie nieekonomicznych kształtów
		Niestosowanie się do zaleceń producenta
		wyroby eksploatacyjne
		Opakowania
6	Inne	Kradzież lub wandalizm
		Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie

Opierając się na wynikach badań przedstawionych w tabeli 2.5, można zauważyć, że najwięcej źródeł generowania odpadów budowlanych istnieje już na etapie projektowania jak i w trakcie późniejszej budowy. Dodatkowo, generowanie znaczącej ilości odpadów budowlanych na etapie projektowania, zostało potwierdzone w późniejszych publikacjach, w których wykazano, że ponad 30% ilość odpadów pochodzi z błędów popełnianych przez architektów [Innes, 2004; Osmani i inni, 2006; Osmani i inni, 2008].

W 2000 roku, Lingard przeprowadził ankiety wśród pracowników generalnych wykonawców i dzięki temu sklasyfikował cztery źródła powstawania odpadów budowlanych dodając do dotychczasowej wiedzy czynniki behawioralne [Lingard i inni, 2000] (tabela 2.6).

Tabela 2.6. Zestawienie źródeł i przyczyn powstawania odpadów budowlanych wg. [Lingard i inni, 2000].

Numer	Źródła	Czynniki
1	Produkcja i dostawa	Metody dostawy wyrobów
		Harmonogram dostaw wyrobów
		Zakup niewłaściwych wyrobów
		Niska jakość wyrobów
		Brak możliwości zwrotów wyrobów
		Niska jakość doradztwa od strony dostawcy
		Złe zarządzanie łańcuchem dostawców
2	Transport i Magazynowanie	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu
		Niewłaściwe przenoszenie wyrobów
		Niski poziom wiedzy o właściwościach produktów

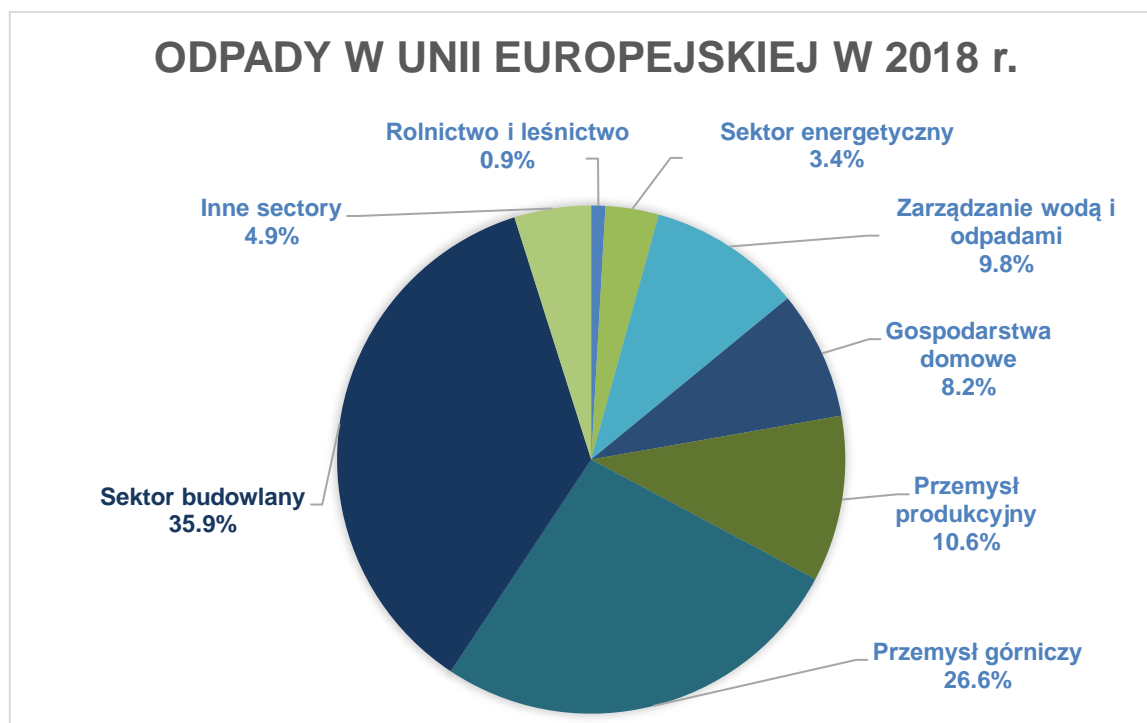
		Niewłaściwe magazynowanie wyrobów
3	Budowa	Przeróbki, zmiany i zaniedbania
		Niewykwalifikowani pracownicy
		Ograniczenia czasowe
		Zła komunikacja
		Słaba koordynacja branż
		Warunki atmosferyczne
4	Kultura organizacji (czynniki behawioralne)	Brak świadomości u pracowników
		Brak czynników zachęcających do właściwego postępowania
		Brak wsparcia ze strony zwierzchnictwa
		Brak szkoleń

Wpływ czynników behawioralnych na produkcję odpadów budowlanych, został szerzej opisany w badaniach przeprowadzonych w Australii w 2000 roku [Teo i inni, 2000]. Teo wraz ze współpracownikami, przeprowadzili ankiety wśród pracowników zatrudnionych na placu budowy przy realizacji 8 inwestycji. Na podstawie ankiet wykazano, że na stosunek do zapobiegania powstawaniu odpadów budowlanych mają wpływ czynniki wewnętrzne (np. religia, rodzina, edukacja, kultura, etyka) jak i zewnętrzne (np. regulacje prawne, budżet projektu, czas, media, doświadczenie, wsparcie ze strony organizacji międzynarodowych jak Greenpeace czy Organizacja Narodów Zjednoczonych). Wpływ czynników behawioralnych, w tym kultury danego kraju, na produkcję odpadów budowlanych został potwierdzony w badaniach przeprowadzonych w ZEA i opublikowanych w 2011 i 2015 roku [Naoum i inni, 2015; Al-Hajj i Hamani, 2011]. W badaniach przeprowadzonych przez A. Al-Hajj i K. Hamani (2011), użyto zarówno ankiet jak i obserwacji na placach budowy. W badaniach przeprowadzonych przez Naoum, Alyousif i Atkinson (2015), użyto ankiet i wywiadów przeprowadzonych wśród przedstawicieli przedsiębiorstw budowlanych. Dodatkowe badania przeprowadzone w 2017 r. podkreślały znaczący wpływ kultury w danym kraju i świadomości pracowników dotyczącej generowania odpadów budowlanych na ich produkcję [Crawford i inni, 2017]. Wyniki powyższych badań wykazały generowanie największej ilości odpadów na etapie projektowym oraz duży wpływ czynników behawioralnych na ilość produkowanych odpadów.

2.4. Masa generowanych odpadów i metody szacowania ilości odpadów budowlanych

Masa generowanych odpadów

Odpady budowlane mogą być klasyfikowane nie tylko ze względu na źródła i przyczyny powstawania, ale również ze względu na ilość. Według statystyk Eurostat (2021), 27 krajów członkowskich Unii Europejskiej, wytworzyło w 2018 roku 2,3 miliarda ton odpadów (tj. 7 ton na osobę). Na rysunku 2.2 przedstawiono Statystyki Eurostat pokazujące odpady pogrupowane ze względu na źródła. Według Eurostatu, odpady budowlane stanowią 35.9% całości odpadów (838 milionów ton) a 26.6% stanowią odpady górnicze (620.9 milionów ton). Trzecia co do wielkości grupa to odpady produkcyjne, które stanowią 10.6% (246.5 milionów ton) całości odpadów wytworzonych w 2018 roku [Eurostat, 2021].



Rys. 2.2. Całkowite wytwarzanie odpadów w Unii Europejskiej przedstawione według działalności gospodarczej w 2018 [Eurostat, 2021].

W Polsce, według badań GUS, w 2020 roku wytworzono 109.4 tysięcy ton odpadów [GUS, 2020]. W tabeli 2.7 zamieszczono zestawienie ilości wytworzonych odpadów z grupy 17 w latach 2017 - 2019. Najwięcej jest odpadów z podgrupy 1705, w skład której wchodzi gleba i ziemia. Następnie, w kolejności malejącej, są odpady i złomy metaliczne oraz stopów metali (podgrupa 1704), odpady wyrobów i elementów budowlanych (podgrupa 1701), inne odpady z budowy, remontów i demontażu (podgrupa 1709), odpady asfaltów, smoł i produktów smołowych (podgrupa 1703), odpady drewna, szkła i tworzyw sztucznych (podgrupa 1702), wyroby izolacyjne oraz wyroby konstrukcyjne zawierające azbest (podgrupa 1706) oraz wyroby konstrukcyjne zawierające gips (podgrupa 1708).

Tabela 2.7. Masa odpadów z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej wytworzonych w latach 2017-2019 w podziale na podgrupy [GUS, 2020].

L.p.	Podgrupa odpadów	Nazwa odpadów	Masa wytworzonych odpadów [tys. Mg]		
			2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6
1	1701	Odpady materiałów i elementów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (np. beton, cegły, płyty, ceramika)	303,7	361,1	623,7
2	1702	Odpady drewna, szkła i tworzyw sztucznych	12,6	12,5	29,8
3	1703	Odpady asfaltów, smół i produktów smołowych	30,2	37,1	35,9
4	1704	Odpady i złomy metaliczne oraz stopów metali	949,5	597,6	439,1
5	1705	Gleba i ziemia (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych oraz urobek z pogłębiania)	2688,9	3148,9	2815,4
6	1706	Materiały izolacyjne oraz materiały konstrukcyjne zawierające azbest	8,1	20,2	3,3
7	1708	Materiały konstrukcyjne zawierające gips	-	0,1	-
8	1709	Inne odpady z budowy, remontów i demontażu	70,2	27,7	22,5
Razem			4063,2	4205,2	3969,7

W Zjednoczonych Emiratach Arabskich najnowsze (2021) statystyki rządowe pokazują, że w 2016 r. ilość zebranych odpadów wyniosła ok. 35 mln ton, przy czym ok. 99% nie była niebezpieczna. Odnotowano, że ilość zebranych odpadów wzrosła o ok. 19% od 2015 r., ze względu na wzrost ilości odpadów budowlanych. Odpady zebrane w Dubaju stanowiły około 56% wszystkich zebranych odpadów, następnie Abu Zabi około 28%, Sharjah około 8%, a pozostałe emiraty około 8% wszystkich odpadów. W 2016 r. prace budowlane i rozbiórkowe wytworzyły około 66% zebranych odpadów, czyli około 22 mln ton. Na drugim miejscu znajdują się odpady komunalne (18%), następnie odpady przemysłowe, które nie są niebezpieczne (9%), i odpady rolnicze (3%) [Bayanat – Official Data Portal of the UAE government, 2021].

W badaniach naukowych przeprowadzonych w Brazylii (2022) wykazano, że wskaźnik produkcji odpadów budowlanych na wybudowaną powierzchnię wyniósł $0,22 \text{ t/m}^2$ dla nowych robót budowlanych i $0,41 \text{ t/m}^2$ dla prac renowacyjnych, przy masie jednostkowej odpowiednio $0,98 \text{ t/m}^3$ i $0,92 \text{ t/m}^3$. Badania były przeprowadzone poprzez okresowe i systematyczne wizytowanie placów budowy [Silva Souza i inni, 2022]. Natomiast badania naukowe przeprowadzone w 2016 roku w Bangladeszu, wykazały, że dwie największe grupy odpadów otrzymanych zarówno z rozbiórek jak i z budowy nowych budynków to: beton (60%) i cegły (21%) [Islam i inni, 2019]. Według narodowych statystyk w Australii, w latach 2016–2017 odpady budowlane stanowiły 37% odpadów stałych, do których należą odpady komunalne z gospodarstw domowych, działalności samorządowych, komercyjnych i przemysłowych oraz odpady budowlane łącznie [Pickin i inni, 2018]. Natomiast w Stanach Zjednoczonych statystyki rządowe dotyczące ilości wytwarzanych odpadów określają jako minimum dla nowych budynków oraz dla renowacji $19,5 \text{ kg/m}^2$ oraz jako minimum dla rozbiórki budynków 757 kg/m^2 [U.S. Department of Energy, 2019]. Również Kanadyjskie Stowarzyszenie Budownictwa (The Canadian Construction Association) sklasyfikowało odpady budowlane, otrzymywane przy rozbiórce starego i budowie nowego obiektu według ich ilości (tabela 2.8). Ze względu na popularność zastosowania drewna w budownictwie kanadyjskim, w poniższym

zestawieniu procentowym, oddzielono odpady drewniane od innych wyrobów budowlanych [Yeheyis i inni, 2013].

Tabela 2.8. Ilość odpadów budowlanych przy rozbiórce oraz budowie nowego budynku [Yeheyis i inni, 2013].

Odpady budowlane	Ilość otrzymanych odpadów przy rozbiórce budynku [%]	Ilość otrzymanych odpadów przy budowie nowego budynku [%]
Drewno	51.8	30.6
Gruz	24.7	23.9
Wyroby budowlane	7.9	18.7
Metal	5.2	8.1
Karton	0.3	5.3
Papier	0.4	4.3
Szkło	-	3.5
Plastik	0.7	3.0
Inne	0.3	1.8
Tekstylia	-	0.8
Pozostałości / Odrzuty	8.7	-

Wyniki kanadyjskich badań wskazują, że przy rozbiórce budynku największa ilość odpadów to drewno (51.5%) i gruz (24.7%). Natomiast, przy budowie nowego budynku, jest to nie tylko drewno (30.6%) i gruz (23.9%) ale również inne wyroby budowlane (18.7%) [Yeheyis i inni, 2013]. W 2004 roku, w Kuwejcie, przeprowadzono badania, według których również sklasyfikowano odpady budowlane według ilości produkowanych rocznie, które wykazały, że główne źródła odpadów (w porządku od największej ilości do najmniejszej) to "rozbiórka, budowa, naprawa i konserwacja oraz odpady produkcyjne" [Kartam i inni, 2004]. W skład tych odpadów wchodzi: beton (30%), cegły (30%), piasek (25%), drewno (8%), stal (5%) i inne (2%). Według najnowszych badań przeprowadzonych w Bangladeszu [Islam i inni, 2019] wynika, że na metr kwadratowy powierzchni użytkowej przypada 63.74 kg odpadów generowanych przy budowie nowego budynku, a 1615 kg przy rozbiórce budynku.

Podsumowując, z wyszczególnionych powyżej statystyk i opracowań naukowych wynika, że największy procent wśród ogólnej masy odpadów stanowią odpady pochodzące z działalności budowlanej i górniczej, w składzie których najwięcej jest odpadów z wyrobów budowlanych (włączając gruz z rozbiórek), drewno oraz stal.

Metody szacowania ilości odpadów budowlanych

W celu określenia najbardziej skutecznych metod szacowania ilości odpadów, Autorka przeprowadziła przegląd 33 publikacji, który został opublikowany w 2018 r. [Bialko, 2018]. Metody szacowania ilości odpadów budowlanych zostały wyselekcjonowane na podstawie przeglądu literatury Wu [Wu i inni, 2014], Y. Li [Li, 2013] oraz innych publikacji naukowych. Yashuai. Li wyodrębnił trzy główne metody szacowania ilości generowanych odpadów budowlanych:

1. Metoda procentowa (MP), dzięki której można oszacować całkowitą ilość odpadów generowanych w trakcie wykonywania robót budowlanych w danym przedsięwzięciu budowlanym stosując procent z całkowitej ilości materiałów wykorzystanych w tym przedsięwzięciu [Li, 2013; Bossink i Brouwers, 1996].
2. Metoda szacunkowa (MPP), zwana również modelem szacunkowym, oparta jest na ogólnych parametrach obiektu budowlanego. Najczęściej jako parametr wykorzystuje się powierzchnię całkowitą obiektu budowlanego. Przy wykorzystywaniu tego parametru, ilość odpadów budowlanych równa jest iloczynowi całkowitej powierzchni obiektu budowlanego i średniej ilości odpadów na jednostkę powierzchni całkowitej [Li, 2013; Fatta i inni, 2003; Kourmpanis i inni, 2008; Kofoworola i Gheewala, 2009; Saez i inni, 2012; Li i inni, 2013; Xiao i Ding, 2014]. Jako parametr można również wykorzystać przeciętną ilość produkowanych odpadów [Poon i inni, 2004; Solís-Guzmán i inni, 2009; Llatas, 2011], rodzaj konstrukcji i funkcję budynku [Huang i inni, 2011] oraz etap budowy [Li, 2013; Saez i inni, 2018; Katz i Baum, 2011; Ram i Kalidindi, 2017].
3. Metody makroekonomiczna i mikroekonomiczna (MEE), oparte są *‘na zmiennych makroekonomicznych, potrzebnych do przewidzenia całkowitej ilości odpadów budowlanych wytworzonych z przemysłu, regionu lub kraju’* [Li, 2013]. Metody te zostały wielokrotnie wykorzystane w badaniach naukowych [Cochran i Townsend, 2010; Wang i inni, 2004; Lage i inni, 2010; Bruvol i Ibenholt, 1997; Ibenholt, 2003; Lu i inni, 2016; Saez i inni, 2015].

Grupa naukowców z Chin, która przeprowadziła analizę 57 publikacji naukowych od 1993 roku do 2013 roku, wyszczególniła sześć metod szacowania ilości odpadów budowlanych:

1. Metody oparte na wizytowaniu budowy (SV), które polegają na przeprowadzeniu pomiarów na placu budowy lub rozbiórki [Wu i inni, 2014; Saez i inni, 2018].
2. Metody obliczania współczynnika (GRC), inaczej zwane metodami szacunkowymi.
3. Metody analizy długości życia (LA), są oparte na zasadzie równowagi materiału zużytego do budowy budynku i uzyskanego z rozbiórki tegoż budynku [Wu i inni, 2014]. Istnieją dwa rodzaje tej metody powiązane kolejno, z długością życia budynków [Poon, 1997] oraz materiałów [Cochran i Townsend, 2010].
4. Metody oparte na istniejących systemach klasyfikacji (CSA), powstały w oparciu o metodę GRC i w ciągu ostatnich lat były parokrotnie stosowane [Solís-Guzmán i inni, 2009; Llatas, 2011; Coelho i de Brito, 2011]. Cechą charakterystyczną metody CSA jest ukształtowanie systemu klasyfikacji odpadów, do którego może posłużyć istniejący już system, taki jak system obliczania budżetu przedsięwzięć budowlanych lub Europejska Lista Odpadów [Wu i inni, 2014].

5. Metody wyznaczania czynników wpływających na wytwarzanie odpadów (VM), biorą pod uwagę czynniki mające wpływ na wytwarzanie odpadów budowlanych np. czynniki związane z rodzajem działań przeprowadzanych podczas wznoszenia i / lub remontu obiektu budowlanego, czynniki związane z pracownikami i sprzętem budowlanym, czynniki związane z materiałami budowlanymi i ich magazynowaniem, czynniki związane z położeniem działki i warunkami atmosferycznymi czy wewnętrzne przepisy firmy [Wu i inni, 2014; Wimalasena i inni, 2010].
6. Pozostałe metody (Pm). Do pozostałych metod zaliczono metody, które nie należały do wyżej wymienionych metod np. szacowanie odpadów betonowych wykorzystując dane o rocznej produkcji cementu i powierzchni całkowitej budynku [Shi i Xu, 2006] czy stosowaniu stałego procentu (10%) z ilości zakupionych materiałów budowlanych [Hao i inni, 2008].

Każda z wymienionych powyżej metod, może być zastosowana w przedsięwzięciu budowlanym równocześnie z innymi metodami [Wu i inni, 2014].

W przeprowadzonym przeglądzie literatury wykazano, że metoda szacunkowa jest najczęściej stosowaną metodą szacowania ilości odpadów budowlanych w literaturze. Zaletą tej metody jest możliwość zastosowania jej zarówno na poziomie pojedynczego przedsięwzięcia projektowego jak i na poziomie kraju lub regionu w danym kraju. Dodatkową zaletą metody szacunkowej jest możliwość użycia różnych parametrów obiektu budowlanego np. powierzchni całkowitej budynku, co znacznie minimalizuje ryzyko wystąpienia błędu w obliczeniach [Bialko, 2018].

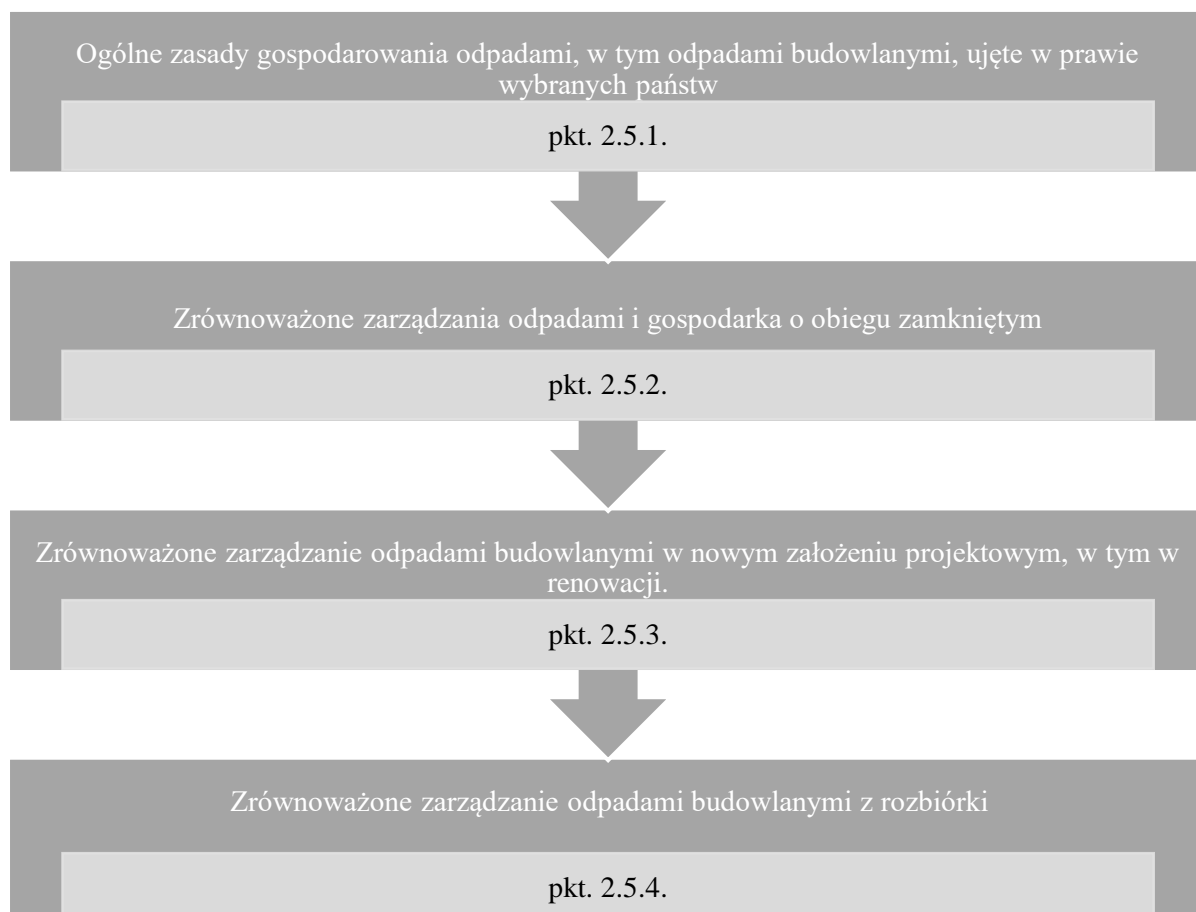
2.5. Zarządzanie odpadami budowlanymi

W poniższym podrozdziale opisano zarządzanie odpadami budowlanymi według zasad zrównoważonego rozwoju w całym cyklu życia budynku. Przedstawiono również zarządzanie odpadami budowlanymi ujęte w prawie wybranych państw. Na rysunku 2.3 zaprezentowano schemat obrazujący zawartość podrozdziału ułatwiający znalezienie wymienionych poniżej kwestii.

2.5.1. Ogólne zasady gospodarowania odpadami, w tym odpadami budowlanymi, ujęte w prawie wybranych państw

W Polsce, w Krajowym planie gospodarki odpadami 2022 (Kpgo 2022) z dnia 1 lipca 2016 r. dokładnie określono, jak należy postępować z odpadami: *‘Punkt wyjścia do opracowania planów gospodarki odpadami stanowi hierarchia sposobów postępowania z odpadami określona w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów (...). Zgodnie z przedmiotową hierarchią sposobów postępowania z odpadami należy przede wszystkim zapobiegać powstawaniu odpadów, następnie zapewnić ich przygotowanie do ponownego użycia, recykling, w dalszej kolejności inne procesy odzysku, a w ostateczności unieszkodliwianie.’* Zgodnie z przytoczoną w Kpgo 2022 hierarchią, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r., zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów, tak określa cele zarządzania

odpadami: *‘Cele określone w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w zakresie przygotowania do ponownego użycia i recyklingu odpadów powinny zostać wzmocnione, aby lepiej odzwierciedlać unijną ambicję przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym.’*



Rys. 2.3. Schemat zawartości podrozdziału 2.5.

Natomiast Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r., która jest obowiązkowa dla krajów europejskich, tak ujmuje wymagania dotyczące gospodarki odpadami: *‘Na mocy przepisów ustawy wprowadzona zostanie hierarchia sposobów postępowania z odpadami zgodnie z art. 4 ust. 1 dyrektywy 2008/98/WE: a) zapobieganie; b) przygotowywanie do ponownego użycia; c) recykling; d) inne metody odzysku, np. odzysk energii; oraz e) unieszkodliwianie. Zostanie uwzględniony proces „przygotowania do ponownego użycia”, którego nie zawiera obecna ustawa o odpadach.’* Przywołana hierarchia sposobów postępowania z odpadami jest zwana popularnie zasadą 3 x R (redukcja, rekonsumpcja i recykling).

Pomimo tego, że założenia zrównoważonego rozwoju są zapisane zarówno w Dyrektywie 2018/851 i 2008/98/WE oraz w regulacjach ONZ (Agenda 2030), wiele krajów boryka się z problemem zarządzania odpadami. Aby chronić środowisko naturalne, opracowano wiele rozporządzeń dotyczących gospodarki odpadami. Większość z tych przepisów umożliwia minimalizowanie i kontrolowanie generowania odpadów budowlanych.

Jednym z przykładów jest Bułgaria, gdzie Ministerstwo Środowiska i Wody wdrożyło Narodową Strategię dla Środowiska oraz plan działania na lata 2000-2006 w celu promowania bezpiecznego dla środowiska usuwania odpadów, ponownego użycia i recyklingu wyrobów odpadowych oraz zapobiegania i zmniejszania ilości odpadów [Solís-Guzmán i inni, 2009]. W Hiszpanii, w 2008 r., rząd wydał Dekret krajowy regulujący generowanie i zarządzania odpadami budowlanymi. To nowe rozporządzenie zobowiązuje projektanta do dołączenia planu zagospodarowania odpadów budowlanych do dokumentacji projektowej, a wykonawcę do wdrożenia tegoż planu na budowie. Plan gospodarowania odpadami budowlanymi jest wymagany w celu uzyskania pozwolenia na budowę i kontroluje zarówno ilość odpadów jak i koszt gospodarowania odpadami na budowie. *‘Rząd hiszpański opracował kompleksowe ramy prawne (Dekret krajowy 105/2008, uchwalony 1 lutego 2008 r.) gdzie reguluje produkcję i zarządzanie odpadami budowlanymi od etapu projektowania do zakończenia budowy. Wszyscy członkowie biorący udział w projekcie zobowiązani są do zaangażowania się w planowanie, wdrażanie i kontrolę odpadów budowlanych poprzez zapobieganie, ponowne użycie i recykling.’* [Solís-Guzmán i inni, 2009] Szybki rozwój gospodarczy, który miał miejsce w Brazylii, spowodował uchwalenie w 2002 r. Rezolucji 307, *‘która zobowiązuje wszystkie władze lokalne do przygotowania i opracowania planów zrównoważonego zarządzania odpadami’* [Solís-Guzmán i inni, 2009].

W Zjednoczonych Emiratach Arabskich zrównoważony rozwój jest wcielony w akty prawne kraju. Kluczowym aktem prawnym regulującym gospodarkę odpadami jest ustawa Nr. 12 z 2018 roku, która, między innymi, wymaga posiadanie planu zarządzania odpadami i zmniejszenia ilości odpadów oraz zajmuje się również transportem, przechowywaniem i przetwarzaniem odpadów [MOCCAIE, 2021].

2.5.2. Zrównoważone zarządzania odpadami i gospodarka o obiegu zamkniętym

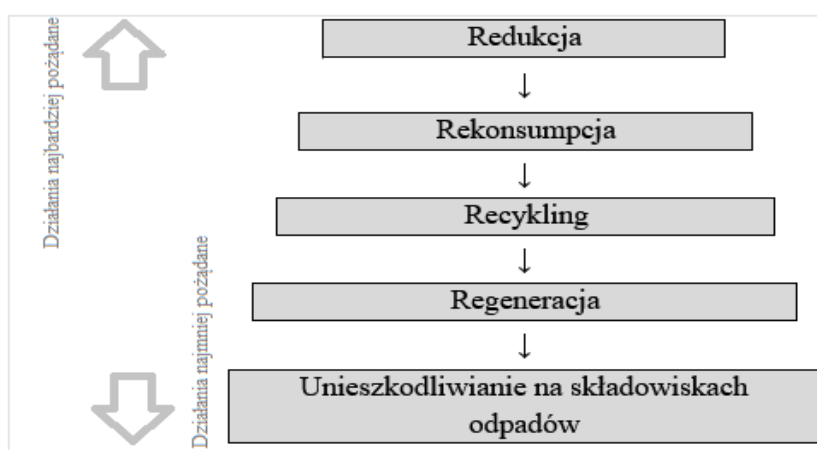
Zrównoważone zarządzanie odpadami

Zrównoważone zarządzanie odpadami polega przede wszystkim na respektowaniu hierarchii postępowania z odpadami zapisanymi w Dyrektywie 2018/851 i 2008/98/WE, która jest oparta na ostatnich założeniach ONZ zapisanych w Agendzie 2030. Hierarchia postępowania z odpadami jest zapisana tak, aby pierwsza, najbardziej pożądana metoda (redukcja) minimalizowała ilość generowanych odpadów przez ograniczenie zużycia produktów, które wytwarzają te odpady. Następna, druga metoda (rekonsumpcja) mówi o tym, aby ponownie używać wyroby, które pierwotnie były produkowane jako jednorazowe, ale wciąż mogą pełnić funkcje pomocnicze. Trzecia zasada (recykling) podkreśla, aby poddawać ponownej obróbce odpady, które mogą być przetworzone i użyte do produkcji nowych wyrobów. Zasada 3R, bo tak jest popularnie zwana, jest bardzo często przedstawiana w formie odwróconego trójkąta (Rysunek 2.4). Działanie zapisane na górze trójkąta przedstawia najbardziej korzystne dla środowiska rozwiązanie a na dole trójkąta, najmniej korzystne. W literaturze i w praktyce budowlanej istnieje również pojęcie ekologii, które definiuje zarządzanie odpadami, w tym odpadami budowlanymi, które określa przebieg *‘procesów zaopatrzeniowych, przetwórczych, produkcyjnych, dystrybucyjnych i serwisowych które, powinny być zorientowane na ochronę środowiska’* [Sobotka i Czaja, 2014].



Rys. 2.4. Hierarchia pożądanych sposobów postępowania z odpadami sporządzona według Dyrektywy 2008/98/WE [Zajac i Gołębiowska, 2014]. Grafika opracowanie własne.

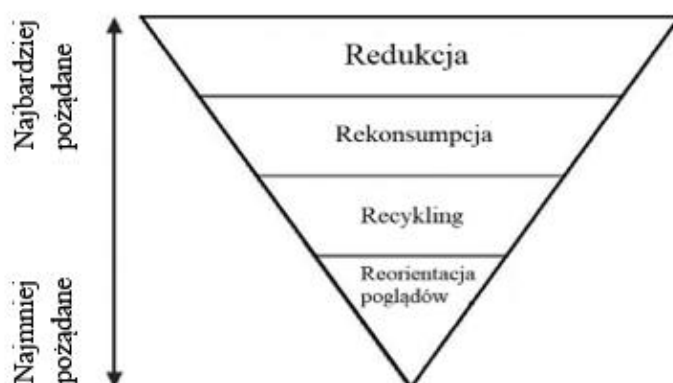
Podstawowa zasada 3R zyskała czwartą metodę (4R). W języku angielskim czwarta metoda to ‘recover’, co oznacza między innymi regenerację, czyli przywracanie czegoś do stanu używalności, co podlega pod produkcję produktów z wyrobów z recyklingu lub naprawę produktów (Rysunek 2.5) [El-Haggar, 2007].



Rys. 2.5. Zasada 4R [El-Haggar, 2007]. Grafika – opracowanie własne.

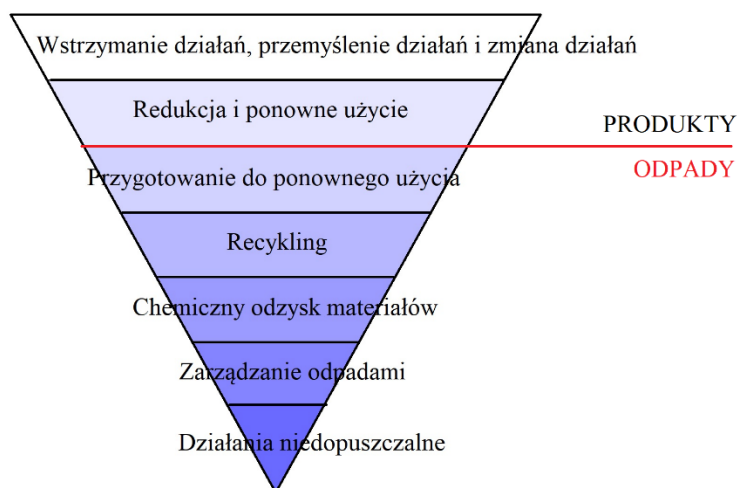
W literaturze polskiej zasada 3R została również wzbogacona o czwartą wartość, t. j. o reorientację poglądów (Rysunek 2.6): *‘Konieczna jest reorientacja poglądów, prowadząca do postrzegania śmieci jako wartościowego surowca, w pełni nadającego się do powtórnego użyciu. Problem odpadów wynika bowiem z archaicznego podejścia do sposobu ich zagospodarowania, w którym śmieci postrzegane są jako efekt uboczny procesu produkcyjnego lub eksploatacyjnego.’* [Skowroński, 2015]. Reorientacja poglądów jest ważnym elementem przy zarządzaniu odpadami i może być generalnie nazwana świadomością pracowników o potrzebie zarządzania odpadami i korzyści z tego płynących. Od poziomu świadomości

pracowników zależy czy poprzednie trzy metody będą respektowane i rzetelnie przestrzegane [Świątek, 2000].



Rys. 2.6. Zasada 4R [Świątek, 2000].

Organizacja Zero Waste Europe (ZWE) zaproponowała nowe podejście do unieszkodliwiania odpadów, tworząc hierarchię Zero Odpadów (Zero Waste), która składa się z 7 poziomów, z których 2 pierwsze odnoszą się do produktów, a 5 pozostałych do odpadów [Zero Waste Europe, 2019] (Rys. 2.7).



Rys. 2.7. Zasada Zero Odpadów [Zero Waste Europe, 2019]. Grafika – opracowanie własne.

Badania przeprowadzone w wielu krajach nad gospodarowaniem odpadami budowlanymi z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju, wyselekcjonowały szereg zasad efektywnego zarządzania odpadami budowlanymi w całym cyklu życia budynku. Ogólnie, dzięki badaniom przeprowadzonym przez grupę Symonds (1999), wyselekcjonowano kilka możliwych zastosowań odpadów budowlanych na placu budowy oraz poza placem budowy. Do tych zastosowań należą:

- *‘ponowne użycie wyrobu na miejscu budowy zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem;*

- *ponowne użycie wyrobu poza miejscem budowy zgodnie z pierwotnym przeznaczeniem;*
- *recykling na miejscu budowy w celu odzyskania cennych wyrobów nadających się do sprzedaży;*
- *recykling poza miejscem budowy w celu odzyskania wysokowartościowych wyrobów nadających się do sprzedaży;*
- *recykling na miejscu budowy małowartościowych wyrobów (w tym podnoszenie gruntów);*
- *recykling poza miejscem budowy małowartościowych wyrobów (w tym podnoszenie poziomu terenu);*
- *spalanie poza miejscem budowy z odzyskiem energii;*
- *spalanie poza miejscem budowy bez odzyskiwania energii;*
- *składowanie odpadów segregowanych poza miejscem budowy;*
- *składowanie odpadów niesortowanych poza miejscem budowy.* ' [Symonds Group Ltd, 1999]

Fatta w 2003 r. przeprowadził analizę państwowego (Grecja) systemu gospodarowania odpadami budowlanymi. Rezultatem badań była selekcja zasad i priorytetów, które muszą być brane pod uwagę, jeśli gospodarka odpadami budowlanymi ma pozostać w zgodzie ze zrównoważonym rozwojem. Na poziomie projektowym wyselekcjonował poszczególne zasady:

- Stosowanie trwałych i ekologicznych wyrobów.
- Zapobieganie powstawaniu odpadów i ich minimalizacja.
- Zasada "zanieczyszczający płaci".
- Odpowiedzialność projektanta i wykonawcy.
- Oszczędzanie energii i surowców.
- Ochrona środowiska naturalnego.
- Minimalizacja niebezpiecznych właściwości odpadów.
- Minimalizacja ilości odpadów składowanych czasowo.
- Zwiększenie ilości wyrobów wykorzystywanych ponownie, poddanych recyklingowi i skierowanych do odzysku.
- Promocja inwestycji ekologicznych.
- Usuwanie odpadów na bezpieczne wysypiska.
- Rozpoczęcie i promowanie kampanii uświadamiających i programów edukacyjnych, w tym profesjonalny trening pracowników.
- Współpraca i dobra komunikacja między zarządzającymi a wykonującymi.
- Dokładność zamawianych ilości wyrobu.
- Odpowiednie magazynowanie i transport wyrobów.
- Stosowanie większej ilości wyrobów niewymagających opakowań.

Na poziomie regionalnym, priorytety będące podstawą do budowy systemu zgodnego z założeniami zrównoważonego rozwoju, powinny być następujące [Fatta i inni, 2003]:

- Rejestracja produkcji odpadów przy współpracy głównych wykonawców.
- Plany ogólnokrajowe względem zużycia zasobów naturalnych nie mogą przekraczać możliwości ekologicznych.
- Fabryka recyklingu o odpowiednich możliwościach przetwarzania odpadów budowlanych.
- Produkcja wyrobów budowlanych z użyciem produktów pochodzenia wtórnego, czyli z recyklingu.
- Kontrolowane usuwanie odpadów nie nadających się do recyklingu na strzeżone wysypiska śmieci.
- Wprowadzenie podatku od unieszkodliwiania cennych wyrobów odpadowych nadających się do recyklingu.
- Współpraca z naciskiem na postępowanie według zasad zrównoważonego rozwoju, między podmiotami państwowymi i projektantem oraz wykonawcą.
- Profesjonalny trening dla firm.
- Regularne wizytowanie budów.
- Nakaz sortowania odpadów na placach budów.
- Publikacja wskaźników produkcji ilości odpadów budowlanych.
- Promocja rozwoju produkcji produktów z wyrobów z recyklingu.
- Zatwierdzenie produktów produkowanych z wyrobów wtórnych przez przedstawicieli wszystkich podmiotów biorących udział w projekcie: głównych wykonawców, projektantów, organizacje zreszające inżynierów oraz podmiotów rządowych w celu zwiększenia zaufania do produktu u konsumenta.
- Niższe ceny produktów wytwarzanych z wyrobów wtórnych w stosunku do tych produkowanych z nowych wyrobów.

Dodatkowo Fatta (2003), na podstawie informacji zaczerpniętych z badań przeprowadzonych przez Symonds Group Ltd (1999), opracował ogólny schemat postępowania z odpadami budowlanymi w trakcie budowy nowego obiektu bądź renowacji istniejącego obiektu budowlanego oraz rozbiórki (Tabela 2.9).

Tabela 2.9. Ogólny schemat postępowania z odpadami budowlanymi w trakcie budowy i rozbiórki [Fatta i inni, 2003; Symonds Group Ltd, 1999].



1	Zdemontować jak największą ilość elementów budowlanych z wyburzanego budynku	Rozbiórka
↓		
2	Wyburzyć pozostałe elementy budynku sortując przy tym odpady odpowiednio do recyklingu i na składowisko odpadów	
↓		
3	Oczyścić teren z niepotrzebnej infrastruktury	

3a	Usunąć twarde nawierzchnie oraz media sortując odpady odpowiednio do recyklingu i na składowisko odpadów	3b	Oczyścić teren z niepotrzebnej roślinności	Budowa
↓				
4	Przygotować działkę pod nową budowę			
4a	Oczyścić teren z pozostałości z rozbiórki	4b	Przygotować teren pod fundamenty nowej zabudowy	
↓				
5	Wybudować nowy budynek odpowiednio przy tym dbając o odpady budowlane			

Te same badania [Symonds Group Ltd, 1999] posłużyły do pogrupowania rodzajów postępowań z odpadami budowlanymi, na działania konieczne i działania opcjonalne (Tabela 2.10).

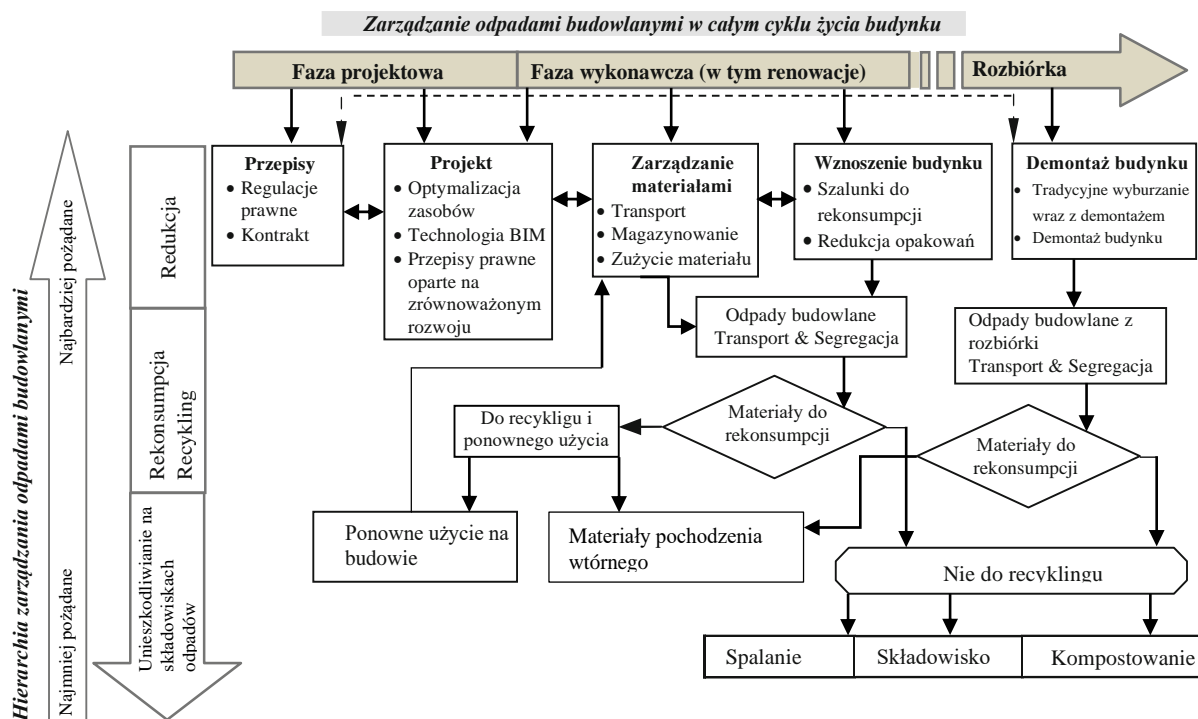
Tabela 2.10. Powiązania między rodzajem aktywności budowlanej a postępowaniem z odpadami budowlanymi [Symonds Group Ltd, 1999]

Rodzaj aktywności budowlanej	Postępowania z odpadami budowlanymi w trakcie budowy i rozbiórki zaprezentowane w Tabeli 2.9.						
	1	2	3a	3b	4a	4b	5
Rozbiórka							
Rozbiórka i budowa							
Renowacja							

Legenda:  Działania konieczne  Działania opcjonalne

Yeheyis wraz ze współpracownikami (2013) przeanalizował przepływ odpadów budowlanych w cyklu życia budynku i stworzył diagram, na którym przedstawił zarządzanie odpadami budowlanymi według zasad zrównoważonego rozwoju w całym cyklu życia budynku, rozdzielając je na fazę projektową, wykonawczą i rozbiórkę. W przeglądzie literatury, jest to najbardziej czytelne opracowanie pokazujące fazy życia budynku i zarządzanie odpadami budowlanymi w każdej z nich oraz odniesienie tego do zasady 3R.

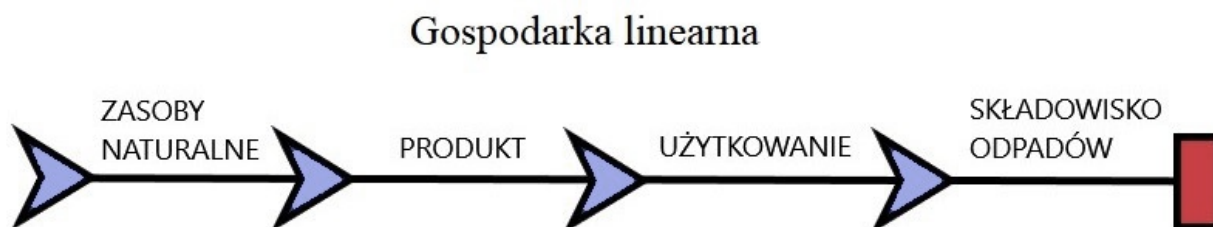
Podsumowując, hierarchie i schematy postępowania z odpadami przyjęte przez naukowców i praktyków bardziej dotyczą zapobiegania powstawaniu odpadów i efektywnego gospodarowania zasobami niż tylko gospodarowania samymi odpadami [Zhang i inni, 2022].



Rys. 2.8. Zarządzanie odpadami budowlanymi według zasad zrównoważonego rozwoju w całym cyklu życia budynku. [Yeheyis i inni, 2013].

Gospodarka o obiegu zamkniętym

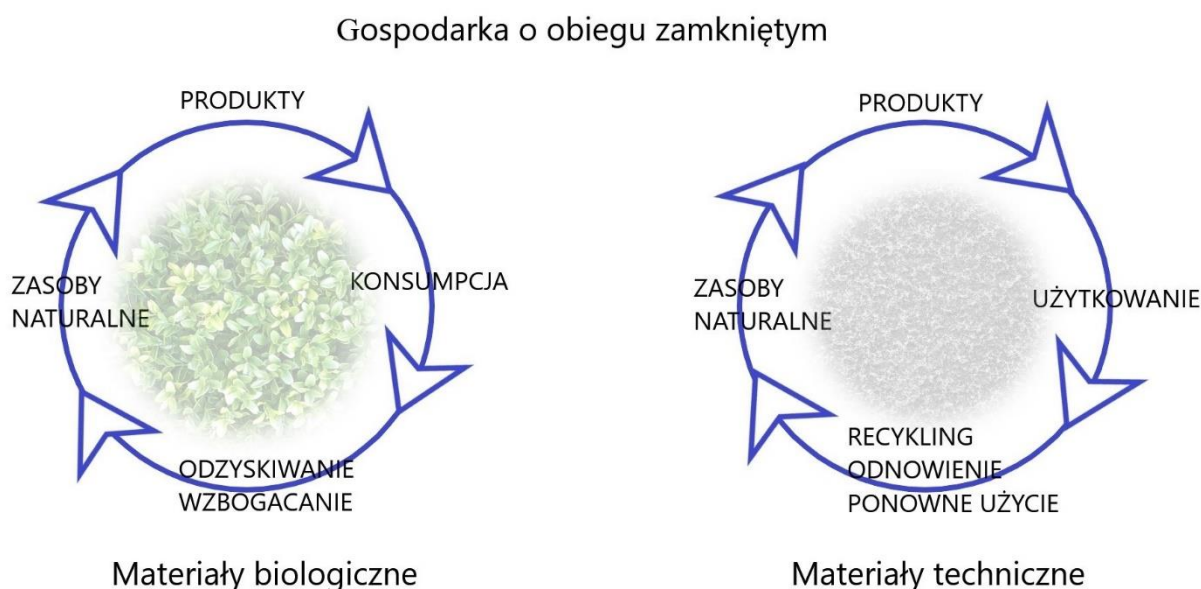
Na skutek szybkiego wyczerpywania się zasobów naturalnych na całym świecie i wyzwań w kontekście ochrony środowiska, konieczne jest natychmiastowe podjęcie działań wspierających zasobooszczędną, niskoemisyjną i innowacyjną gospodarkę. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ) narodziła się w 1976 r., lecz rozwinęła dopiero w XXI wieku [Stahel i Ready, 1976; Kuboszek i Milewska, 2017]. Koncepcja GOZ jest przeciwieństwem modelu liniowego, który zakłada, że zasoby naturalne występują w dużych ilościach i są łatwo dostępne (Rys. 2.9).



Rys. 2.9. Gospodarka linearna [Purchase i inni, 2022]. Grafika – opracowanie własne.

Natomiast GOZ oszczędza surowce, pozwala zachować jak najdłużej wartości wyrobów i całkowicie eliminuje odpady. GOZ polega 'na zamknięciu cyklu życia wyrobów, w

których produkt nie trafią do kosza i na wysypisko po zakończeniu jego użytkowania, ale zostaje ponownie wykorzystany poprzez odzysk i recykling. (Rys.2.10) [Kuboszek i Milewska, 2017].



Rys. 2.10. Gospodarka o obiegu zamkniętym [Kuboszek i Milewska, 2017; Mapa Drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, 2019; Purchase i inni, 2022]. Grafika – opracowanie własne.

W celu ujednolicenia działań, Komisja Europejska wydała w 2019 r. dokument ‘Europejski Zielony Ład’ (EZŁ). Celem EZŁ *‘jest przekształcenie Unii Europejskiej w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobooszczędnej i konkurencyjnej gospodarce, która w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto i w ramach której wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystania zasobów naturalnych.’* [COM(2019) 640 final]. EZŁ ma na celu wdrożenie agendy ONZ na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030. W 2019 r., w Polsce, Rada Ministrów przyjęła projekt ‘Mapa Drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym’ (GOZ), w którym tak definiuje GOZ:

‘Gospodarka o obiegu zamkniętym (dalej: GOZ) to model rozwoju gospodarczego, w którym przy zachowaniu warunku wydajności spełnione są następujące podstawowe założenia:

- a) wartość dodana surowców/zasobów, materiałów i produktów jest maksymalizowana lub*
- b) ilość wytwarzanych odpadów jest minimalizowana, a powstające odpady są zagospodarowywane zgodnie z hierarchią sposobów postępowania z odpadami (zapobieganie powstawaniu odpadów, przygotowywanie do ponownego użycia, recykling, inne sposoby odzysku, unieszkodliwienie).’* [Mapa Drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, 2019].

GOZ może być wspomagane techniką oceny cyklu życia, która jest bezpośrednio związana ze zrównoważonym zarządzaniem zasobami naturalnymi. Według badań Burchart-Korol ocena cyklu życia wspiera kluczowe procesy ekoinwestycji i służy zmniejszeniu zużycia surowców [Burchart-Korol, 2016]. Wdrażanie GOZ w zarządzanie odpadami budowlanymi spotyka się w praktyce z wieloma przeszkodami. Do głównych problemów stojących na przeszkodzie GOZ należą: aspekty prawne, społeczne, techniczne, behawioralne i ekonomiczne. W kontekście tych przeszkód *‘stwierdzono, że głównymi barierami są polityka i zarządzanie, zezwolenia i specyfikacje, ograniczenia technologiczne, jakość i wydajność, wiedza i informacje, a także koszty związane z wdrożeniem modelu GOZ na wczesnym etapie’*. [Purchase i inni, 2022]. Dodatkowo, zaobserwowano, że problemami małych przedsiębiorstw, przy wdrażaniu GOZ, jest demontaż odpadów budowlanych, ich segregacja, transport oraz lokalne procesy odzysku. Aby sprostać wyżej wymienionym utrudnieniom, należy wprowadzić praktyczne rozwiązania umożliwiające przedsiębiorstwom budowlanym wdrażanie założeń GOZ [Burchart-Korol, 2016; Purchase i inni, 2022].

2.5.3. Zrównoważone zarządzanie odpadami budowlanymi w nowym założeniu projektowym, w tym w renowacji

Zrównoważone zarządzanie odpadami budowlanymi powinno rozpocząć się od redukcji odpadów budowlanych, już na etapie projektowym [Spišáková i inni, 2021; Dumlaot-Tan i Halog, 2017; Ekanayake i Ofori, 2004]. W fazie projektu wstępnego inwestor, projektanci i inżynierowie powinni jasno określić cele projektowe, aby każdy uczestnik projektu mógł za nimi podążać i aby były one wcielone w projekt [El-Haggar, 2007]. Naukowcy wyselekcjonowali wiele sposobów umożliwiających redukcję odpadów na etapie projektowym. Sposoby, które są uznawane za najbardziej wydajne oraz są najczęściej wymieniane w literaturze, to unikanie zmian w dokumentacji projektowej na etapie wykonawczym, używanie prefabrykatów i uwzględnianie rozmiarów produktów dostępnych na rynku [Spišáková i inni, 2021; Wang i inni, 2015; Seaz i inni, 2013; Osmani i inni, 2008; Poon i inni, 2004a; El-Haggar, 2007; Yeheyis i inni, 2013]. Dodatkowo, można zmniejszyć ilość odpadów budowlanych na etapie projektowym między innymi przez zaplanowanie ponownego użycia gruntu z urobku na tym samym placu budowy; wydzielenie miejsca na składowisko odpadów budowlanych; wyznaczenie działań budowlanych, które generują odpady nadające się do ponownego użytku; planowanie budowy sekwencjami aby zmniejszyć ilość magazynowanego wyrobu; stosowanie planu zarządzania odpadami na budowie oraz użycie produktów budowlanych pochodzących z recyklingu [Seaz i inni, 2013].

Wang i współpracownicy przeprowadzili szczegółowe badania (2015), dzięki którym dokonano klasyfikacji najbardziej wydajnych metod redukujących odpady budowlane na etapie projektowym na pięć rodzajów:

- (1) rozwiązania techniczne (stosowanie: elementów prefabrykowanych, stalowych rusztowań, metalowych ogrodzeń, oraz dużych, metalowych form odlewowych),
- (2) rozwiązania projektowe (stosowanie płyt wspornikowych i wąskich ścian działowych; unikanie zmian w dokumentacji projektowej na etapie wykonawczym; uwzględnianie

- w projekcie wyrobów powstałych z surowców wtórnych uzyskanych w procesie recyklingu; stosowanie konstrukcji modułowych),
- (3) czynniki zewnętrzne (przepisy regulujące zarządzanie odpadami budowlanymi; nadzór zarządzania odpadami budowlanymi; marketing sprzyjający zarządzaniu odpadami budowlanymi),
 - (4) predyspozycje projektantów (profesjonalne doświadczenie; wykształcenie),
 - (5) postawa projektanta (ogólne nastawienie do redukcji odpadów w danej instytucji; świadomość ekologiczna projektantów; dodatkowe szkolenia dotyczące zarządzania odpadami budowlanymi; ekonomiczne benefity wynikające z redukcji odpadów budowlanych).

Osmani wraz ze współpracownikami (2008) przeprowadził badania wśród stu największych firm architektonicznych w Anglii, dzięki którym wyszczególnił trzy najczęściej spotykane czynniki blokujące działania projektowe minimalizujące odpady budowlane, do których zaliczył:

- (1) projektantów, którzy nie posiadają wiedzy o źródłach generowania odpadów na etapie projektowym;
- (2) projektantów, którzy uważają, że najwięcej odpadów jest produkowanych na etapie wykonawczym;
- (3) inwestorów, którzy mają lekceważące podejście do redukcji odpadów lub obawiają się zwiększenia kosztów przedsięwzięcia projektowego.

Aby uniknąć sytuacji blokujących minimalizację odpadów w dokumentacji projektowej, Coventry i Guthrie (1998) zasugerowali trzy kluczowe role, które powinni odgrywać projektanci, mianowicie: udzielanie porad inwestorom; inicjowanie redukcji odpadów na poziomie projektu; i ogólnie doskonalenie praktyk projektowych.

Według El-Haggag (2007) zarządzanie odpadami budowlanymi jest najbardziej efektywne, jeżeli w skład dokumentacji projektowej wchodzi plan zarządzania odpadami. Wyselekcjonował on następujące wymogi, które powinny wchodzić w skład takiego planu:

- Oszacowanie kosztów zastosowania planu zarządzania odpadami budowlanymi.
- Opracowanie listy produktów, które teoretycznie będą generować odpady.
- Oszacowanie ilości każdego rodzaju odpadu budowlanego.
- Opracowanie schematu pokazującego hierarchię pracowników zespołu odpowiedzialnego za zarządzanie odpadami budowlanymi.
- Opracowanie listy sposobów 'oddzielania/ sortowania/ segregacji' każdego rodzaju odpadu budowlanego na placu budowy.
- Opracowanie procedury postępowania z odpadami budowlanymi.
- Opracowanie sposobu magazynowania wyrobów budowlanych na placu budowy.
- Wskazanie rodzaju transportu i miejsc docelowych wywozu odpadów budowlanych.
- Wprowadzenie opłat za wywóz odpadów budowlanych na składowiska.
- Opracowanie listy przewoźników zajmujących się transportem odpadów budowlanych.

- Opracowanie wzoru dokumentu, który będzie używany na budowie przy zarządzaniu odpadami budowlanymi.
- Opracowanie harmonogramu szkoleń pracowników i aktualizacji planu zarządzania odpadami budowlanymi.
- W trakcie trwania budowy zalecane jest branie pod uwagę propozycji zmian projektu wychodzących od generalnego wykonawcy i mających na celu redukcję odpadów budowlanych.
- Opracowanie programu treningu pracowników generalnego wykonawcy, wliczając podwykonawców, na temat technik zarządzania odpadami budowlanymi. Trening ten powinien zawierać informacje o wdrażaniu planu zarządzania odpadami budowlanymi, w tym informacje o sposobach oddzielania i sortowania odpadów budowlanych, na różnych etapach budowy. W ramach treningu powinien zostać zaprezentowany pracownikom kodeks zarządzania odpadami budowlanymi zapewniający najwyższą jakość wdrażania procedur.

Zarządzanie odpadami budowlanymi może być ułatwione poprzez zastosowanie na etapie projektowym technologii BIM (Building Information Modelling), która polega na zbudowaniu wirtualnego modelu projektu ukazującego wszystkie jego elementy. Dzięki tak zbudowanemu modelowi projektu, można zliczyć wyroby, zaplanować prace budowlane, sekwencje budowy, użytkowanie budynku i również ponowne wykorzystanie wyrobów po rozbiórce budynku [Yeheyis i inni, 2013].

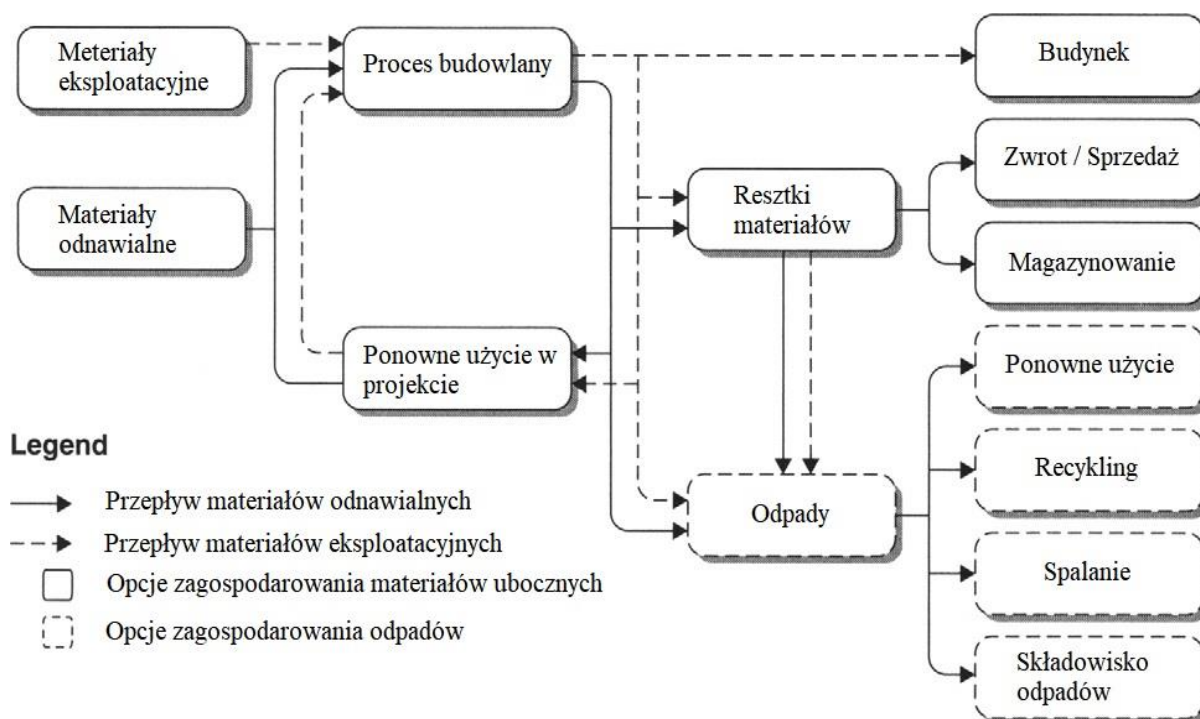
W fazie wykonawczej projektu, bardzo ważne jest wdrożenie planu zarządzania odpadami budowlanymi i regularny jego nadzór oraz weryfikacja postępowań [Spišáková i inni, 2021; Crawford i inni, 2017; Sagan i Sobotka, 2016]. Sagan i Sobotka (2016) za podstawy *‘efektywnego gospodarowania odpadami na budowie uznaje (...) opracowanie planu zawierającego:*

- a. analizę przebiegu procesów budowlanych z punktu widzenia powstawania odpadów,*
- b. klasyfikacje odpadów zgodnie z ustawą o odpadach,*
- c. sposób segregacji,*
- d. sposób lokalnego (na placu budowy) składowania,*
- e. dobór metod odzysku odpadów lub wybór ich odbiorcy,*
- f. harmonogram czynności związanych z zagospodarowaniem odpadów’.*

Na etapie wykonawczym najnowsze technologie mogą również wspomagać sortowanie odpadów na budowie. Udowodniono, że system klasyfikacji online przy użyciu przemysłowej kamery hiperspektralnej bliskiej podczerwieni znacznie wspomaga sortowanie odpadów [Xiao i inni 2019]. Sortowanie odpadów na budowie może być ułatwione również za pomocą głębokiej konwolucyjnej sieci neuronowej, która ma 94% dokładności w rozpoznawaniu odpadów budowlanych mieszanych i jednorodnych [Davis i inni 2021].

Odpowiedzialność za zarządzanie odpadami budowlanymi można podzielić między inwestora, projektantów i głównego wykonawcę. Rolą inwestora bądź firmy inwestora, jest regularny nadzór budowy, aby upewnić się czy główny wykonawca odpowiednio wdraża plan

zarządzania odpadami budowlanymi. Nadzór powinien być przeprowadzany według wcześniej uzgodnionych zasad na przykład stosując listę kontrolną. Do odpowiedzialności projektantów należy utrzymanie, na bardzo dobrym poziomie, komunikacji z głównym wykonawcą, aby uniknąć ewentualnych błędów w projekcie [El-Haggar, 2007]. El-Haggar (2007) sporządził ogólny plan zarządzania odpadami budowlanymi dla nowej inwestycji (Rysunek 2.11), w którym pokazał przepływ wyrobów odnawialnych i wyrobów eksploatacyjnych.



Rys. 2.11. Diagram zarządzania odpadami budowlanymi dla nowej inwestycji [El-Haggar, 2007].

Poniżej zaprezentowano szczegółowy plan zarządzania odpadami budowlanymi, który został oparty o podział opracowany przez El-Haggar (2007) i wzbogacony o zasady zaczerpnięte z innych prac naukowych [Crawford i inni, 2017; Gangolells i inni, 2014; Seaz i inni, 2013]:

1 A. Zaopatrzenie

- Zestawienie wyrobów powinno być dokładne, aby uniknąć kupna zbyt dużej ilości wyrobu.
- Selekcja podwykonawców powinna opierać się na jakości wykonywanej pracy i ich chęci wdrażania planu redukcji odpadów budowlanych.
- Przeprowadzenie treningów dla podwykonawców przez głównego wykonawcę.
- Selekcja dostawców powinna brać pod uwagę bezpłatne odebranie niezużytych wyrobów.

2 A. Plan zagospodarowania działki budowlanej

- Zagospodarowanie placu budowy powinno brać pod uwagę transport wyrobów budowlanych i korzystanie ze sprzętu budowlanego.
- Wyznaczenie miejsca do sortowania resztek wyrobów, aby ewentualnie ich użyć ponownie bądź zakwalifikować jako odpady.

3 A. *Transport i magazynowanie wyrobów budowlanych*

- Wyroby i produkty powinny być odpowiednio magazynowane np. nie powinny leżeć na ziemi, powinny być przykryte bądź stać w suchym pomieszczeniu, powinny być również strzeżone, aby uniknąć kradzieży.
- Magazynowanie wyrobów i produktów powinno być w bezpiecznej odległości od działań budowlanych.

4 A. *Obowiązki zespołu odpowiedzialnego za zarządzanie odpadami budowlanymi*

- Główny wykonawca jest odpowiedzialny za utworzenie zespołu odpowiedzialnego za zarządzanie odpadami budowlanymi.
- Do wdrażania planu zarządzania odpadami budowlanymi powinien zostać przydzielony zespół ludzi, w skład którego wchodzi menadżer, specjaliści i wykwalifikowani pracownicy fizyczni. Do obowiązków zespołu należałoby:
 - Ustalenie harmonogramu zarządzania odpadami budowlanymi.
 - Nadzór magazynowania i transportu wyrobów budowlanych na plac budowy.
 - Nadzór sortowania wyrobów odpadowych.
 - Nadzór pojemników na różne rodzaje odpadów budowlanych, mający na celu unikanie przepełnienia pojemników i mieszania odpadów.
 - Nadzór technik przygotowania wyrobów do ponownego użycia.
 - Nadzór przygotowania oraz transportu odpadów do fabryki recyklingu.
 - Nadzór transportu odpadów na bezpieczne składowiska odpadów.
 - Udzielenie wyczerpujących informacji na temat technik i celów zarządzania odpadami budowlanymi dla nowych podwykonawców i dostawców.
 - Przeprowadzenie treningów i nadzór działań pracowników fizycznych.
 - Planowanie spotkań przeglądowych na temat zarządzania odpadami budowlanymi.
 - Prowadzenie rejestru ilości generowanych odpadów budowlanych.
 - Rejestrowanie procesu zarządzania odpadami budowlanymi.

5 A. *Realizacja*

- Wszystkie podmioty włączone w realizację projektu powinny mieć dostęp lub posiadać kopię planu zarządzania odpadami budowlanymi.
- Stosować zagęszczarki i niszczarki na placu budowy.
- Każda działalność budowlana powinna mieć zaplanowaną ilość i rozmiar pojemników na różne rodzaje odpadów budowlanych.
- Nieustanny nadzór głównego wykonawcy nad wdrażaniem planu zarządzania odpadami budowlanymi.

- Stosowanie wybranych technik redukcji odpadów budowlanych przez głównego wykonawcę.
- Wybranie narzędzi na podstawie *‘wydajności (...) wytrzymałości i konserwacji’*.
- Redukcja zużycia wody i energii podczas fazy wykonawczej projektu.
- Stosowanie zaleceń producenta przy zbieraniu odpadów.
- Stosowanie wyrobów i instalowanie produktów budowlanych według zaleceń producenta.
- Ochrona środowiska naturalnego na placu budowy i na otaczającym terenie.
- Stosowanie zasady ‘lean’, czyli realizowanie projektu w najprostszy sposób z zachowaniem szacunku dla wszystkich pracowników.
- Przygotowanie rysunków powykonawczych, które są niezbędne w przyszłych pracach remontowo-modernizacyjnych.
- Monitorowanie kosztów zarządzania odpadami budowlanymi.
- Monitorowanie i aktualizowanie technik zarządzania pod względem staranności wdrażania planu redukcji odpadów budowlanych.
- Trening pracowników.
- Realizowanie projektu według zatwierdzonej dokumentacji.
- Rozmieszczenie małych zbiorników na odpady w miejscach pracy na budowie.
- Złożenie przez głównego wykonawcę dla inwestora okresowych podsumowań o postępie w zarządzaniu odpadami budowlanymi.

Odpowiedzialność za zrównoważone zarządzanie odpadami budowlanymi należy również rozszerzyć na instytucje rządowe [Purchase i inni, 2022; Chen i inni, 2019]. Według badań przeprowadzonych w Chinach [Chen i inni, 2019] jednym z największych problemów są nielegalne składowiska odpadów budowlanych. W badaniach tych udowodniono, że jedynie podniesienie grzywnien za nielegalny wywóz odpadów jest niewystarczające do kontroli i zarządzania odpadami budowlanymi. Instytucje rządowe powinny stosować odpowiednio intensywny nadzór nad pracami głównego wykonawcy, dostosować odpowiednią wielkość kar oraz ograniczyć koszty konsultacji zapewniających skuteczne zarządzania odpadami budowlanymi [Chen i inni, 2019].

2.5.4. Zrównoważone zarządzanie odpadami budowlanymi z rozbiórki

Według badań przeprowadzonych przez Kourmpanisa (2008) największa ilość odpadów budowlanych jest generowana w czasie rozbiórki budynku. Wysoki procent odzysku wyrobów budowlanych w trakcie rozbiórki jest uzależniony, w dużej mierze, od rodzaju pierwotnie użytego wyrobu, technologii budowania i od typu rozbiórki. Rozbiórka może zostać przeprowadzona na dwa sposoby: (1) demontaż i odzysk wyrobów i (2) wyburzenie obiektu budowlanego. Tradycyjne wyburzanie budynku może być połączone z wcześniejszym demontażem wybranych części budynku, przeznaczonych do ponownego użytku [U.S. HUD, 2000]. Rodzaj zastosowanej metody rozbiórki ma decydujący wpływ na jakość uzyskanych wyrobów oraz na ich przyszłe przeznaczenie. Z punktu widzenia ochrony środowiska selektywna rozbiórka pozwala realizować założenia zrównoważonego rozwoju, ponieważ

może zwiększyć wskaźniki ponownego użycia i recyklingu [Wu i inni, 2021]. Jeśli wyroby zostały przeznaczone do recyklingu, powinny zostać odpowiednio posegregowane oraz rozdrobnione, aby zmniejszyć koszty transportu. W trakcie segregacji odpadów, powinno się oddzielić wyroby przeznaczone do recyklingu, na składowisko odpadów oraz wyroby niebezpieczne [Yeheyis, 2013].

Demontaż oznacza rozmontowywanie lub usuwanie niektórych elementów budynku, przeznaczonych do ponownego wykorzystania. Wiąże się to z ostrożnym demontowaniem części budynku lub usuwaniem ich zawartości. Przed podjęciem decyzji o demontażu budynku, należy przeprowadzić szczegółową inwentaryzację obiektu. Budynki kwalifikujące się do demontażu, to najczęściej te, które zawierają elementy prefabrykowane, konstrukcje drewniane, wykończenia drewniane (podłogi, okna i drzwi), są zbudowane z wysokiej jakości cegły oraz te budynki, które były dobrze zabezpieczone przed wilgocią [U.S. HUD, 2000; Yost, 2000]. Jeśli podczas inwentaryzacji wykryto obecność substancji szkodliwych, takich jak azbest lub ołów, należy odpowiednio przeszkolić robotników oraz zapewnić im stosowną odzież ochronną podczas rozbiórki. W przypadku, kiedy cały budynek, wraz z elementami konstrukcyjnymi, zostaje zakwalifikowany do demontażu, należy szczegółowo zaplanować działania rozbiórkowe wliczając w to:

- a. Dokładny spis wszystkich wyrobów identyfikujący te do ponownego użytku, recyklingu lub kwalifikujących się na składowisko odpadów.
- b. Dokładną analizę istniejących rynków zbytu dla wyrobów z demontażu.
- c. Wystarczającą ilość miejsca na długoterminowe magazynowanie wyrobów.
- d. Umowę, która określa planowane zastosowanie końcowe różnych elementów budynku.
- e. Odpowiedni czas demontażu.
- f. Zabezpieczenie wyrobów przed kradzieżą lub wandalizmem podczas, jak i po zakończeniu rozbiórki [U.S. HUD, 2000].

Zarządzanie odpadami budowlanymi z rozbiórki powinno odbywać się według zasad zrównoważonego rozwoju przedstawionych na Rysunku 2.4: redukcja, rekonsumpcja, recykling, regeneracja i unieszkodliwianie na składowiskach odpadów. Redukcja odpadów budowlanych powinna zacząć się już na etapie planowania rozbiórki. Jeśli to możliwe, należy zaplanować demontaż jak największej części elementów rozbieranego budynku, zamiast tradycyjnego wyburzania. Następnie, w umowie między inwestorem a głównym wykonawcą należy zaznaczyć, że prace demontażowe mają być przeprowadzone ze szczególną dbałością o wyroby przeznaczone do ponownego użytku. Odpowiedzialnością głównego wykonawcy na tym etapie inwestycji jest opracowanie planu zarządzania odpadami budowlanymi i planu rozbiórki, w skład którego wchodzi:

- Ramy czasowe planu zarządzania odpadami ze wskazaniem kolejności każdej czynności demontażowej.
- Etapy prowadzenia prac rozbiórkowych, takich jak: rozbiórka, segregacja, transport, rozdrabnianie i składowanie wyrobów na miejscu.

- Klasyfikacja wyrobów na te, które można ponownie wykorzystać, poddać recyklingowi i odzyskać w trakcie projektu - według rodzaju i ilości.
- Ilości każdego rodzaju wyrobu wchodzącego w skład rozbieranego budynku.
- Ilości każdego rodzaju odpadów generowanych w trakcie rozbiórki.
- Identyfikacja niebezpiecznych wyrobów i sposób postępowania z nimi.
- Sposoby sortowania odpadów na miejscu w celu poprawnego odseparowania surowców przeznaczonych do recyklingu od wyrobów przeznaczonych do unieszkodliwiania na składowiskach odpadów.
- Rodzaje recyklingu na miejscu.
- Nazwa i adres fabryk recyklingu i składowisk odpadów [El-Haggar, 2007].

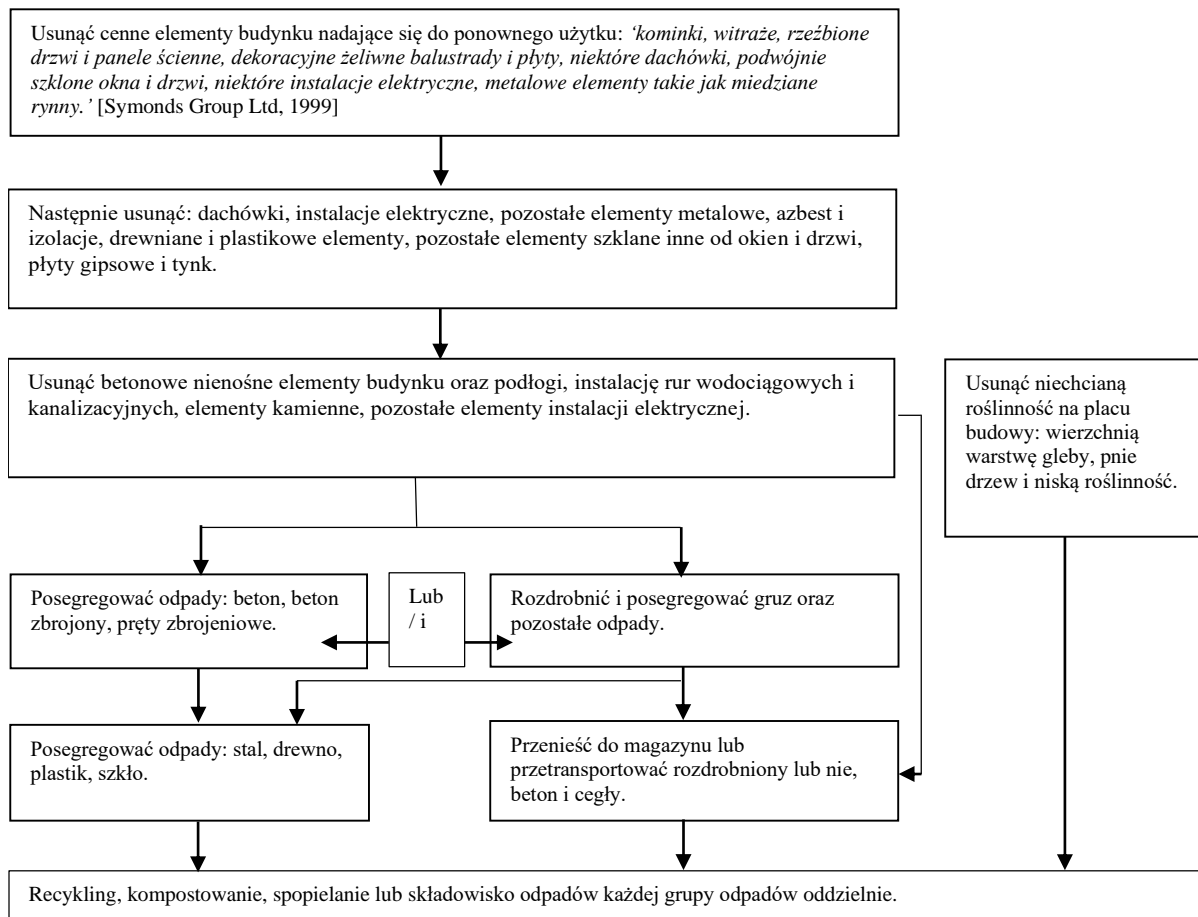
Rekonsumpcje, czyli ponowne użycie wyrobów budowlanych można ułatwić poprzez segregowanie i składowanie ich w oznaczonych pojemnikach oraz poprzez zabezpieczenie tych pojemników przed wpływami atmosferycznymi. Działania budowlane, dotyczące wyrobów przeznaczonych do ponownego użytku powinny być przeprowadzone w odpowiedniej kolejności, aby zapewnić ich jak najlepszą jakość. [El-Haggar, 2007] Najcenniejsze elementy należy usunąć na samym początku rozbiórki, aby uniknąć ich kradzieży. Do takich elementów należą: *'kominki, witraże, rzeźbione drzwi i panele ściennie, dekoracyjne żeliwne balustrady i płyty, niektóre dachówki, podwójnie szklone okna i drzwi, niektóre instalacje elektryczne, metalowe elementy takie jak miedziane rynny.'* [Symonds Group Ltd, 1999] oraz armatura kuchenna i łazienkowa [Poon i inni, 2004]. Następnie wnętrze budynku powinno być wyburzane ręcznie, a konstrukcja budynku przy użyciu ciężkiego sprzętu [El-Haggar, 2007]. Jeśli konstrukcja budynku zawiera elementy prefabrykowane, najlepszym wyjściem będzie rozebranie ich i po przeprowadzeniu odpowiednich testów zakwalifikowanie do ponownego użytku [U.S. HUD, 2000]. Dalej, do sortowania i rozdrabniania wyrobów na miejscu, powinny być używane koparki. Tak odzyskane wyroby są przygotowane do wykorzystania w podobnych lub innych zastosowaniach. El-Haggar (2007) ogólnie posegregował wyroby, które można odzyskać na miejscu budowy, i które mogą zostać ponownie użyte; należą do nich: *'drewno, ziemia z urobku, tworzywa sztuczne, winyl, pianka, stal, beton, mur (np. bloki i cegły), płytki (np. ceramika, marmur i granit), płyty gipsowo-kartonowe, wyroby izolacyjne, farby, rozpuszczalniki i dywany.'* Hendriks i Janssen (2001) szczegółowo sklasyfikowali wyroby i odpady budowlane uzyskiwane podczas demontażu budynku (Tabela 2.11).

Dzięki badaniom przeprowadzonym przez Symonds Group Ltd (1999) w trakcie prac renowacyjnych i rozbiórkowych obiektów budowlanych, wyszczególniono najczęściej stosowane praktyki, które można zastosować tylko do rozbiórki budynku. Na Rysunku 2.12 zaprezentowano kolejność czynności, na etapie wykonania rozbiórki w oparciu o zasady zrównoważonego rozwoju. Do każdej czynności zostały przypisane wyroby i odpady budowlane. Kolejność prac budowlanych jest ułożona w taki sposób, aby zmaksymalizować redukcję odpadów budowlanych i zachować jak największą ilość elementów budynku do ponownego użytku, następnie do recyklingu, a na końcu do unieszkodliwiania na składowiskach odpadów.

Tabela 2.11. Wyroby i odpady budowlane uzyskiwane w trakcie rozbiórki przeprowadzanej metodą demontażu [Hendriks i Janssen, 2001].

Wyroby usuwane oddzielnie, gotowe do ponownego wykorzystania bez przetworzenia	Odpady budowlane gotowe do ponownego użycia po przetworzeniu	Odpady budowlane zanieczyszczone, które mają być oczyszczone lub składowane	Odpady budowlane przeznaczone do spalania	Odpady budowlane przeznaczone do ponownego użycia według pierwotnego przeznaczenia po przetworzeniu	Odpady budowlane bezużyteczne (odpady chemiczne)
-posortowane metale według rodzaju -użytkowe elementy drewniane -czyste szkło posortowane kolorami	- czysty gruz, - czysty gruz przeznaczony do rozdrobienia -gruz asfaltowy - czysty grunt	- grunt przeznaczony do wyczyszczenia - zanieczyszczony grunt przeznaczony do składowania - chemicznie zanieczyszczony gruz	- drewno - drewno, które jest zanieczyszczone i połamane - nieposortowane tworzywa sztuczne	- nieposortowane metale i szkło - odpady ogrodowe - posortowany papier oraz tektura - tworzywa sztuczne posortowane według typu	- zmieszane odpady - odpady chemiczne, jak: zasady, kwasy, azbest, substancje organiczne, odpady stałe zawierające metale ciężkie, kable elektryczne; tynki i gips

Następnym etapem zarządzania odpadami budowlanymi jest recykling. W Ustawie z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, przez recykling odpadów *‘rozumie się (...) odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, wyroby lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; obejmuje to ponowne przetwarzanie wyrobu organicznego (recykling organiczny), ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na wyroby, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk’*. Według badań El-Haggara (2007) do wyrobów nadających się do recyklingu zaliczają się: *‘ziemia z urobku, drewno, beton, bloczki betonowe, cegły, asphalt, płytki, metale (np. stal), metale nieżelazne (np. aluminium), opakowania, plastik, szkło, karton i płyty gipsowo kartonowe’*. Wyroby przeznaczone do recyklingu powinny spełniać wymogi lokalnego przedsiębiorstwa recyklingu. Z badań przeprowadzonych w Kuwejcie w 2004 roku wynika, że recykling odpadów budowlanych może być ograniczony poprzez zanieczyszczenie odpadów, nieodpowiednie magazynowanie, transportowanie i sortowanie wyrobów odpadowych [Kartam i inni, 2004]. Poza oczywistymi benefitami dla środowiska naturalnego płynącymi z recyklingu, istnieją również benefity ekonomiczne [Ding i inni, 2022; Bao i Lu, 2021].



Rys. 2.12. Najczęściej stosowany system prac rozbiórkowych obiektów budowlanych z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju [Symonds Group Ltd ,1999].

Recykling jest atrakcyjnym rozwiązaniem pod względem ekonomicznym wtedy, gdy wyrób odzyskany jest konkurencyjny wobec zasobów naturalnych, zarówno pod względem kosztu, jak i dostępnej ilości [Hendriks i Janssen, 2001], dlatego techniki recyklingu oraz świadomość pracowników na temat recyklingu powinny być ciągle udoskonalane. Badania przeprowadzone w Australii w 2018 roku wykazały, że stosunek pracowników do nawyków recyklingowych jest pozytywny; jednak ich zachowanie nie jest tak silne, jak powinno. Oznacza to, że pracownicy są świadomi potrzeby recyklingu w budownictwie i chcą poprawić stan środowiska poprzez rozwijanie nawyków recyklingowych, ale potrzebują wsparcia ze strony zarządu przedsiębiorstwa i państwa [Tam i inni, 2018; Crawford i inni, 2017].

Kolejnym etapem zarządzania odpadami budowlanymi jest regeneracja odpadów. El-Haggag (2007) regeneracją nazwał *'proces generowania energii z materiałów odpadowych, których nie można zmniejszyć, ponownie wykorzystać ani poddać recyklingowi.'* Główny kontraktor może przeprowadzić niektóre rodzaje regeneracji, takie jak brykietowanie czy spalanie, na placu budowy w trakcie fazy wykonawczej projektu. Spalanie bądź spopielenie, oznacza *'utlenianie palnych odpadów w celu wytworzenia ciepła, dwutlenku węgla i tlenu.'* [Yeheyis i inni, 2013]. Spalanie, pomimo emisji toksycznych gazów do powietrza (np. tlenek węgla, metale ciężkie czy fluorowodór), w niektórych przypadkach jest jedyną dopuszczalną

opcją usuwania niebezpiecznych odpadów takich jak odpady *‘łatwopalne, lotne, toksyczne i zakaźne.’* [Yeheyis i inni, 2013]. Dodatkowo, organiczne odpady budowlane można poddać kompostowaniu, które jest jedną z technik regeneracji materiału odpadowego. Kompostowanie, które polega na biodegradacji odpadów, generuje materiał stosowany jako składnik nawozów w rolnictwie lub do rekultywacji gleby. Dzięki kompostowaniu zmniejszona zostaje ilość organicznych odpadów budowlanych na składowiskach, przez co zmniejszona jest niekontrolowana emisja metanu (jeden z głównych gazów cieplarnianych) i toksycznych odcieków. [Yeheyis i inni, 2013] Yeheyis wraz z zespołem (2013) szczegółowo podzielił odpady na potencjalnie biodegradacyjne, odpady potencjalnie nadające się do wywożenia na składowisko odpadów oraz odpady potencjalnie nadające się do spopielenia (Tabela 2.4) a także na odpady nadające się i nienadające się do recyklingu (Tabela 2.3). Ostatnim, najmniej pożądanym sposobem w hierarchii gospodarowania odpadami jest utylizacja odpadów budowlanych na składowiskach odpadów. Główny wykonawca jest odpowiedzialny za unieszkodliwienie odpadów na legalnych składowiskach, aby zapobiec zanieczyszczeniu wody i gleby [El-Haggar, 2007].

Podsumowując, rozbiórka budynku przeprowadzona metodą demontażu jest o wiele bardziej ekonomiczna i zgodna z zasadami zrównoważonego rozwoju niż tradycyjne wyburzanie [Ding i inni, 2022; Bao i Lu, 2021]. Niestety, najczęstszym powodem, dla którego wykonawcy wybierają tradycyjne wyburzanie, zamiast demontażu budynku, jest brak czasu. Ramy czasowe są często zawężane przez lokalne urzędy, z powodu utrudniania ruchu drogowego w gęsto zabudowanych rejonach miasta. Dodatkowym problemem jest potrzeba magazynowania i inwentaryzacji wyrobów, brak miejsca na budowie potrzebnego do segregacji odpadów oraz brak rynków zbytu [Yost, 2000; Hendriks i Janssen, 2001].

2.6. Podsumowanie przeglądu literatury

Przeprowadzony przegląd literatury przedmiotu składa się z regulacji prawnych wybranych państw i 102 publikacji naukowych opublikowanych w latach od 1976 do 2022 r. Z przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu wynika, że dotychczasowe badania obejmują następujące zagadnienia:

- Definicje i klasyfikacje odpadów budowlanych,
- Źródła generowania odpadów budowlanych,
- Masa generowanych odpadów budowlanych,
- Metody szacowania wytwarzanych ilości odpadów budowlanych,
- Zarządzanie odpadami budowlanymi.

Poniżej znajduje się zestawienie publikacji, które zostały zawarte w analizie literatury przedmiotu, dotyczących wyżej wymienionych zagadnień związanych z odpadami budowlanymi (tabela 2.12).

Tabela 2.12. Zestawienie publikacji zawartych w przeglądzie literatury przedmiotu.

Zestawienie publikacji zawartych w przeglądzie literatury przedmiotu	
Zagadnienie	Publikacje
Definicje i klasyfikacja odpadów budowlanych	<p>Regulacje prawne:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulacje prawne Unii Europejskiej: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r.; ○ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r.; ○ Decyzja Komisji z dnia 3 maja 2000 r.; ○ Europejski Katalog Odpadów z 9.04.2018; • Regulacje prawne w Polsce: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sprawozdanie z realizacji Krajowego planu gospodarki odpadami 2022 za okres od 1 stycznia 2017 r. do 31 grudnia 2019 r.; ○ Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach; ○ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 roku, w sprawie katalogu odpadów; ○ Krajowy plan gospodarki odpadami 2022. • Regulacje prawne w Stanach Zjednoczonych: <ul style="list-style-type: none"> ○ Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych, 2017. • Regulacje prawne w Zjednoczonych Emiratach Arabskich: <ul style="list-style-type: none"> ○ MOCCA, Federal Law No. 12 of 2018, ○ EAD, 2016, ○ Dubai Municipality, 2009, ○ Dubai Municipality, Local Order 61 of 1991, ○ Bee'ah, 2017.

	<p>Publikacje naukowe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Symonds Group Ltd i inni (1999), 2. Dania i inni (2007), 3. Kourmpanis i inni (2008), 4. Al-Hajj i Hamani (2011), 5. Yeheyis i inni (2013), 6. Biały i Kuboszek (2013), 7. Li (2013), 8. Zając i Gołębiowska (2014), 9. Dyka (2015), 10. European Commission (2017), 11. Wu i inni (2019), 12. Lu i inni (2020), 13. Bao i Lu (2021), 14. Zhang i inni (2022), 15. Silva Souza i inni (2022).
Źródła i czynniki mające wpływ na generowania odpadów budowlanych, w tym czynniki behawioralne*	<p>Publikacje naukowe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gavilan i Bernold (1994), 2. Bossinka i Brouwersa (1996), 3. Lingard i inni (2000)*, 4. Teo i inni (2000)*, 5. Ekanayake i Ofori (2004), 6. Innes (2004), 7. Osmani i inni (2006), 8. Osmani i inni (2008), 9. Al-Hajj i Hamani (2011)*, 10. Naoum i inni (2015)*, 11. Crawford i inni (2017)*.
Masa generowanych odpadów budowlanych	<p><u>Dane statystyczne:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Statystyki z Unii Europejskiej: <ul style="list-style-type: none"> o Eurostat, Waste statistics, 2021. 2. Statystyki z Polski: <ul style="list-style-type: none"> o Krajowy plan gospodarki odpadami 2022, o Główny Urząd Statystyczny, 2020.

	<p>3. Statystyki ze Stanów Zjednoczonych:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ U.S. Department of Energy, 2019. <p>4. Statystyki ze Zjednoczonych Emiratów Arabskich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Bayanat – Official Data Portal of the UAE government, 2021.
	<p><u>Publikacje naukowe:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kartam i inni (2004), 2. Yeheyis i inni (2013), 3. Saifaie (2013), 4. Pickin i inni (2018), 5. Islam i inni (2019), 6. Silva Souza i inni (2022).
Metody szacowania wytwarzanych ilości odpadów budowlanych	<p><u>Publikacje naukowe:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. McBean i Fortin (1993), 2. Bossnik i Brouwers (1996), 3. Yost i Halstead (1996), 4. Poon (1997), 5. Bruvol i Ibenholt (1997), 6. Fatta i inni (2003), 7. Ibenholt (2003), 8. Kartam i inni (2004), 9. Poon i inni (2004), 10. Wang i inni (2004), 11. Shi i Xu (2006), 12. Cochran i inni (2007), 13. Kourmpanis i inni (2008), 14. Lau i inni (2008), 15. Hao i inni (2008), 16. Kofoworola i Gheewala (2009), 17. Solís-Guzmán i inni (2009), 18. Cochran i Townsend (2010), 19. Lage i inni (2010), 20. Wimalasena i inni (2010), 21. Coelho i de Brito (2011), 22. Katz i Baum (2011), 23. Huang i inni (2011),

	<p>24. Llatas (2011), 25. Saez i inni (2012), 26. Li i inni (2013), 27. Li, 2013 28. Wu i inni, 2014 29. Xiao i Ding (2014), 30. Saez i inni (2015), 31. Lu i inni (2016), 32. Ram i Kalidindi (2017), 33. Saez i inni (2018).</p>
Zarządzanie odpadami budowlanymi	<p><u>Regulacje prawne:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulacje prawne ONZ (Agenda 2030). • Regulacje prawne Unii Europejskiej: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r., ○ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r., ○ Zero Waste Europe, 2019, ○ COM(2019) 640 final (Europejski Zielony Ład). • Regulacje prawne w Stanach Zjednoczonych: <ul style="list-style-type: none"> ○ U.S. HUD, 2000. • Regulacje prawne w Polsce: <ul style="list-style-type: none"> ○ Krajowy plan gospodarki odpadami 2022, ○ Mapa Drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, 2019. • Regulacje prawne w Zjednoczonych Emiratach Arabskich: <ul style="list-style-type: none"> ○ MOCCAEE, Federal Law No. 12 of 2018.
	<p><u>Publikacje naukowe:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stahel i Ready (1976), 2. Symonds Group Ltd (1999), 3. Świątek (2000), 4. Yost (2000),

	<ol style="list-style-type: none"> 5. Hendriks i Janssen (2001), 6. Fatta i inni (2003), 7. Ekanayake i Ofori (2004), 8. Kartam i inni (2004), 9. Poon i inni (2004), 10. Poon i inni (2004a), 11. Begum i inni (2006), 12. El-Haggar (2007), 13. Osmani i inni (2008), 14. Kourmpanisa (2008), 15. Solís-Guzmán i inni (2009), 16. Yeheyis i inni (2013), 17. Seaz i inni (2013), 18. Sobotka i Czaja (2014), 19. Gangolells i inni (2014), 20. Zając i Gołębiowska (2014), 21. Wang i inni (2015), 22. Skowroński (2015), 23. Burchart-Korol (2016), 24. Sagan i Sobotka (2016), 25. Kuboszek i Milewska (2017), 26. Dumlao-Tan i Halog (2017), 27. Crawford i inni (2017), 28. Tam i inni, (2018), 29. Chen i inni (2019), 30. Xiao i inni (2019), 31. Davis i inni (2021), 32. Spišáková i inni (2021), 33. Bao i Lu (2021), 34. Wu i inni (2021), 35. Zhang i inni (2022), 36. Purchase i inni (2022), 37. Ding i inni (2022).
Autorskie publikacje	<ol style="list-style-type: none"> 1. Białko i Hoła (2016), 2. Białko (2017), 3. Białko (2018), 4. Białko i Hoła (2021).

Z przedstawionego zestawienia 102 publikacji w tabeli 2.12. wynika, co następuje:

- definicje i klasyfikacje odpadów budowlanych zostały zbadane na podstawie regulacji prawnych wybranych państw i 15 publikacji naukowych,
- źródła i czynniki mające wpływ na generowanie odpadów budowlanych były ujęte w 11 pracach naukowych,
- w tym, czynniki behawioralne tylko w 5 artykułach,
- masa generowanych odpadów została przestudiowana na podstawie dostępnych statystyk wybranych państw i 6 publikacji naukowych,
- metody szacowania wytwarzanych ilości odpadów budowlanych zostały zbadane na podstawie 33 prac naukowych [Białko, 2018],
- zarządzanie odpadami budowlanymi, zostało przestudiowane na podstawie wybranych regulacji prawnych i 37 prac naukowych.

Należy również dodać, że Autorka opublikowała 4 artykuły, które są bezpośrednio związane z tematem rozprawy doktorskiej [Białko i Hoła, 2016; Białko, 2017; Białko, 2018; Białko i Hoła, 2021].

2.7. Uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy

Z przeprowadzonego rozpoznania literaturowego wynika, że w literaturze przedmiotu istnieje najmniej badań naukowych na temat:

- generowanej masy odpadów budowlanych (6 publikacji),
- źródeł i czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych (11 publikacji), w tym czynników behawioralnych (5 publikacji).

Wyniki przeprowadzonego przez Autorkę przeglądu literatury są porównywalne z wynikami przeglądu literatury opublikowanego w 2019 roku przez R. Jin, H. Yuan i Q. Chen na temat odpadów budowlanych [Jin i inni, 2019]. Autorzy wzięli pod uwagę badania opublikowane w latach 2009 - 2018, które są dostępne w bazie danych Scopus. W przeglądzie tym wzięto pod uwagę 370 publikacji naukowych, które przestudiowano, między innymi, pod względem braków w dostępnych badaniach w literaturze przedmiotu. Autorzy zauważyli, między innymi:

- brak kompleksowej oceny wydajności planu zarządzania odpadami budowlanymi,
- brak badań na temat roli czynników behawioralnych w zarządzaniu odpadami budowlanymi [Jin i inni, 2019].

Mała liczba badań naukowych na temat źródeł i czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych, w tym czynników behawioralnych, ma bezpośredni związek z brakiem badań naukowych na temat kompleksowej oceny wydajności planu zarządzania odpadami budowlanymi. Aby plan zarządzania odpadami budowlanymi był wydajny, należy odpowiednio rozpoznać źródła generowania odpadów i czynniki, które mają wpływ na ich produkcję. W następnej kolejności, należy odpowiednio dobrać metody redukcji

odpadów budowlanych, a po sprecyzowaniu planu zarządzania odpadami, należy przestrzegać w praktyce wytyczonych w nim założeń i terminów.

Jeżeli źródła i czynniki mające wpływ na produkcję odpadów oraz metody redukcji są poprawnie określone i wciąż istnieje problem ze zbyt dużą ilością produkowanych odpadów budowlanych, to należy szukać przyczyny w samym zastosowaniu praktyk minimalizujących produkcję odpadów. Takie podejście pozwoli uzyskać szereg informacji na temat badanego zjawiska, czyli zależności zachodzących między praktykami minimalizującymi ilość odpadów budowlanych a zachowaniami ludzkimi. Autorka wzięła pod uwagę fakt, że w literaturze są już określone źródła i czynniki generowania odpadów, metody ich redukcji, oraz sposoby zarządzania odpadami, ale wciąż istnieje problem w zastosowaniu tej wiedzy w praktyce. Między teorią a praktyką pozostaje niezbadana luka. Wypełnienie tej luki jest przedmiotem niniejszej dysertacji. Autorka przyjęła, że jeżeli istnieje problem w zastosowaniu teorii, to rozwiązania problemu należy szukać wśród ludzi. Należy więc zbadać populację pracowników budowlanych pod kątem stosowania lub niestosowania praktyk minimalizujących powstawanie odpadów budowlanych w procesach inwestycyjnych w budownictwie.

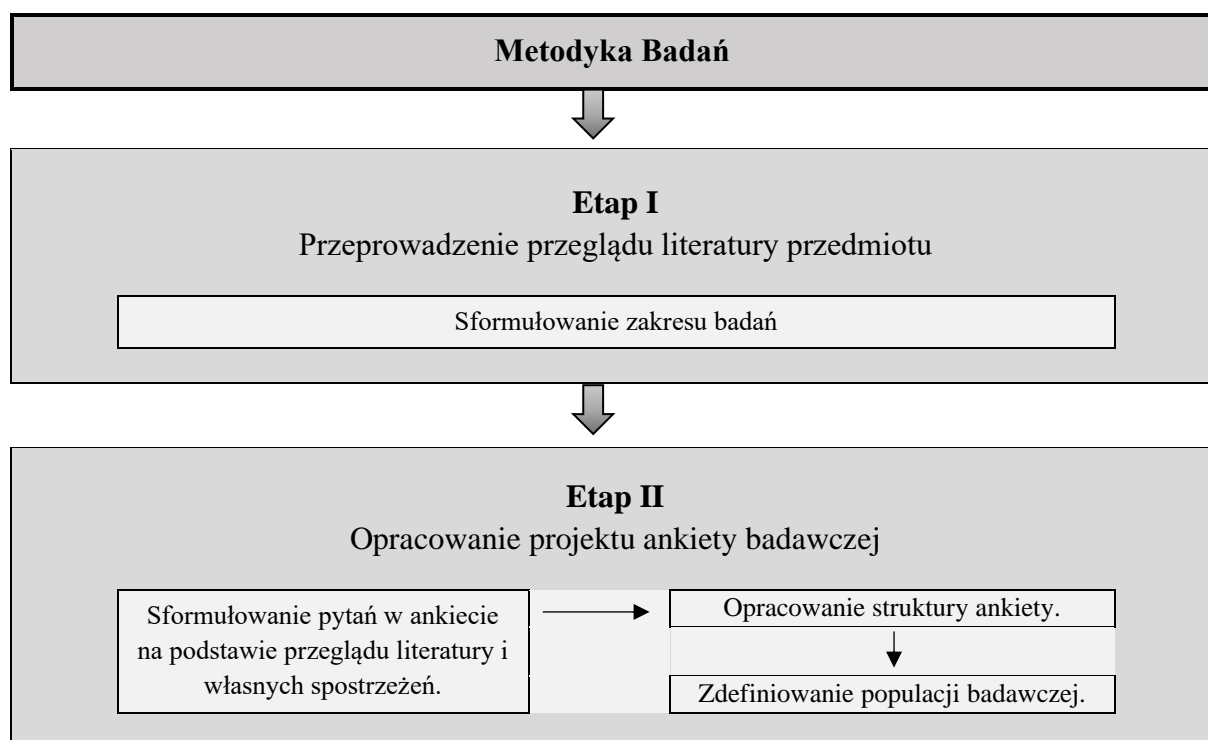
Przeprowadzone badania poszerzą wiedzę dotyczącą produkcji odpadów budowlanych i pozwolą wskazać kluczowe problemy związane z wdrażaniem teorii do praktyki. Dzięki wynikom badań i wnioskom sformułowanym na ich podstawie, można zminimalizować generowanie odpadów budowlanych, zwiększyć ilość odpadów przeznaczonych do recyklingu a co za tym idzie, wzmocnić ochronę środowiska naturalnego.

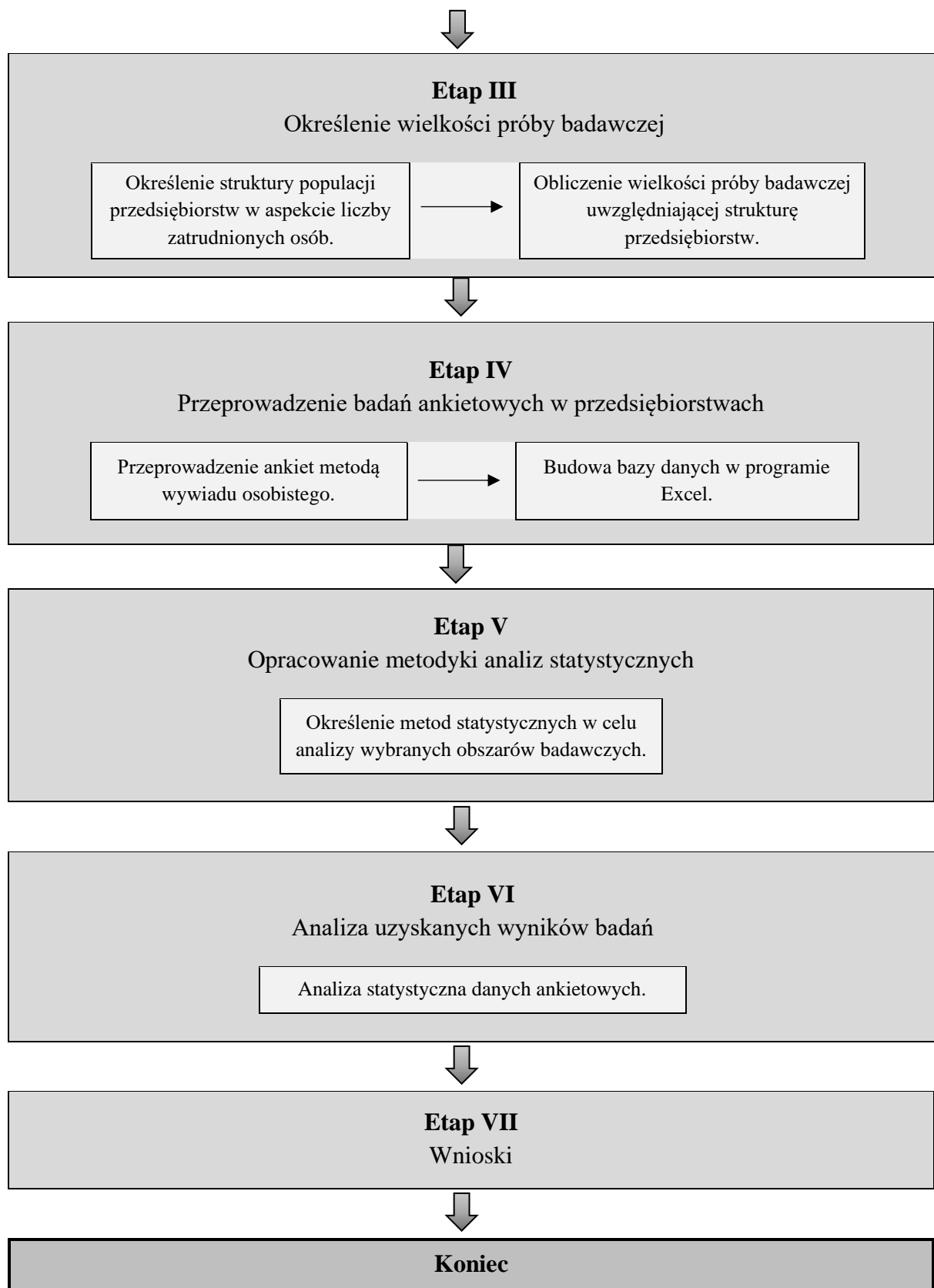
3. Zakres badań własnych i zastosowana metodyka badań

W celu rozwiązania postawionego problemu, opracowano autorską metodykę analizy i oceny czynników generujących odpady budowlane. Metodyka składa się z 7 etapów:

- **Etap I – Przeprowadzenie przeglądu literatury przedmiotu:** sformułowanie zakresu badań.
- **Etap II – Opracowanie projektu ankiety badawczej:** sformułowanie pytań w ankiecie na podstawie przeglądu literatury i własnych spostrzeżeń; opracowanie struktury ankiety; zdefiniowanie populacji badawczej.
- **Etap III – Określenie wielkości próby badawczej:** określenie struktury populacji przedsiębiorstw w aspekcie liczby zatrudnionych osób; obliczenie wielkości próby badawczej uwzględniającej strukturę przedsiębiorstw.
- **Etap IV – Przeprowadzenie badań ankietowych w przedsiębiorstwach:** przeprowadzenie ankiet metodą wywiadu osobistego; budowa bazy danych w programie Excel.
- **Etap V – Opracowanie metodyki analiz statystycznych:** określenie metod statystycznych w celu analizy wybranych obszarów badawczych.
- **Etap VI – Analiza uzyskanych wyników badań:** analiza statystyczna danych ankietowych.
- **Etap VII – Wnioski.**

Etapy metodyki badań zostały zaprezentowane na rysunku 3.1





Rys. 3.1. Etapy badań w przyjętej metodyce.

3.1. Przeprowadzenie przeglądu literatury przedmiotu

Na podstawie przeglądu literatury i spostrzeżeń własnych sformułowano następujące obszary badawcze:

1. Identyfikacja źródeł generowania odpadów budowlanych i metod redukcji tych odpadów, dla pięciu wyrobów budowlanych, w zależności od wielkości przedsiębiorstwa.
2. Określenie rankingu czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w badanych przedsiębiorstwach oraz ustalenie zależności tych czynników od wielkości przedsiębiorstwa.
3. Zdefiniowanie czynników behawioralnych mających wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi.

3.2. Opracowanie projektu ankiety badawczej

Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu i własnych spostrzeżeń sformułowano pytania do ankiety (Kwestionariusz badawczy) użytej w pracy. Przy układaniu pytań wzorowano się między innymi na badaniach przeprowadzonych przez:

- B. Bossink i H. Brouwers (1996) w Holandii,
- H. Lingard, P. Graham i G. Smithers (2000) w Australii,
- L. Ekanayake i G. Ofori (2004) w Singapurze,
- A. Al-Hajj i K. Hamani (2011) w Zjednoczonych Emiratach Arabskich.

3.2.1. Struktura ankiety

Ankieta została napisana w języku angielskim, a pytania uwzględniały stosowane rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe w realizacji budynków w ZEA. Ankieta składa się z 3 części:

- Część A - zawiera pytania dotyczące przedsiębiorstwa budowlanego, w którym przeprowadzono badania, a mianowicie: liczby zatrudnionych pracowników, doświadczenia na rynku budowlanym, posiadanych certyfikatów oraz liczby zrealizowanych projektów. Część A zawiera również charakterystykę inwestycji, przy której pracuje Respondent, a mianowicie: funkcję budynku, kubaturę budynku i rodzaj użytej technologii oraz ilości odpadów budowlanych generowanych w czasie realizacji tej inwestycji. W części tej sformułowano 8 pytań.
- Część B - zawiera pytania dotyczące świadomości i wiedzy Respondenta na temat stosowanych w firmie metod redukcji odpadów budowlanych w odniesieniu do rodzajów materiałów budowlanych oraz potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi. W części tej sformułowano 5 pytań.

- Część C - zawiera pytania dotyczące oceny źródeł generowania odpadów budowlanych. W części tej sformułowano 2 pytania.

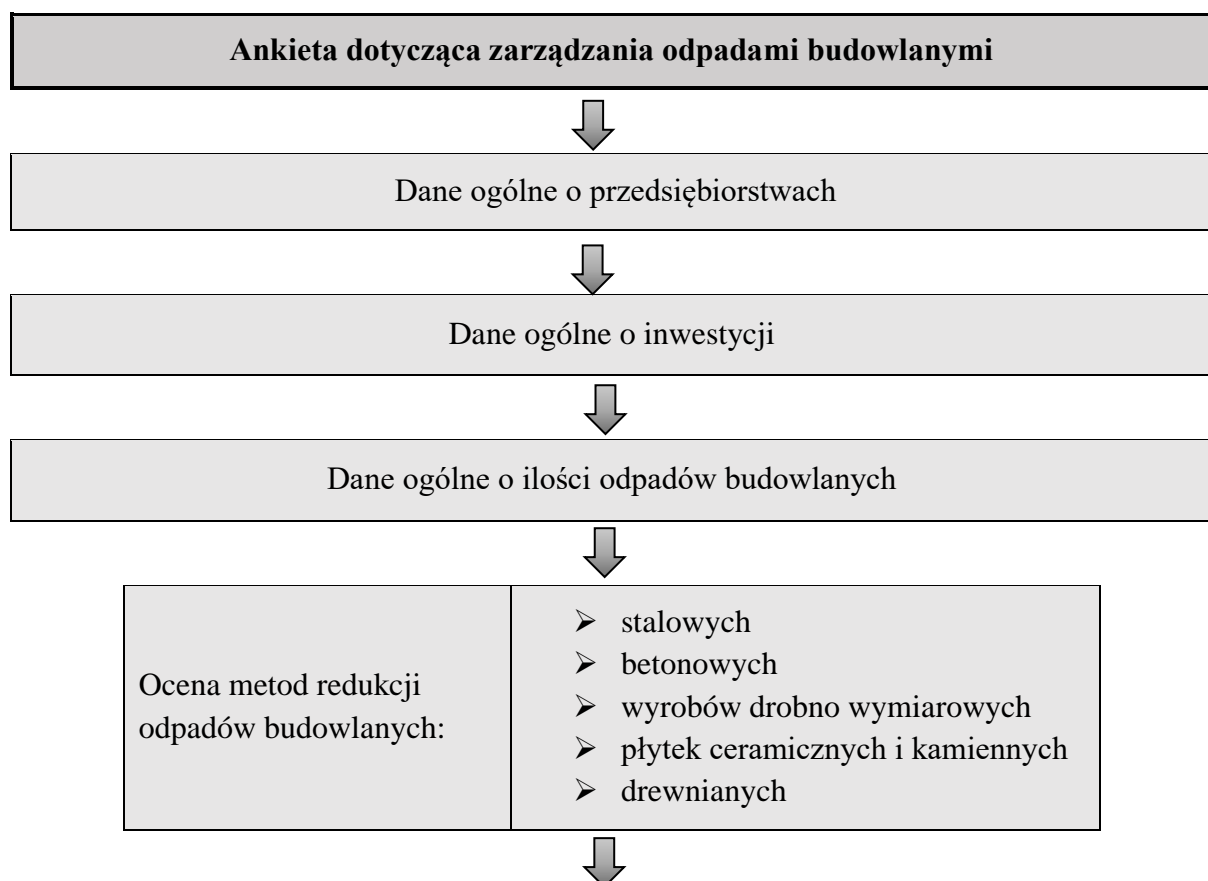
W ankiecie zastosowano trzy- i pięciostopniową skalę ocen Likerta. Do określenia czynników behawioralnych, które mają wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi, przyjęto następujące oceny:

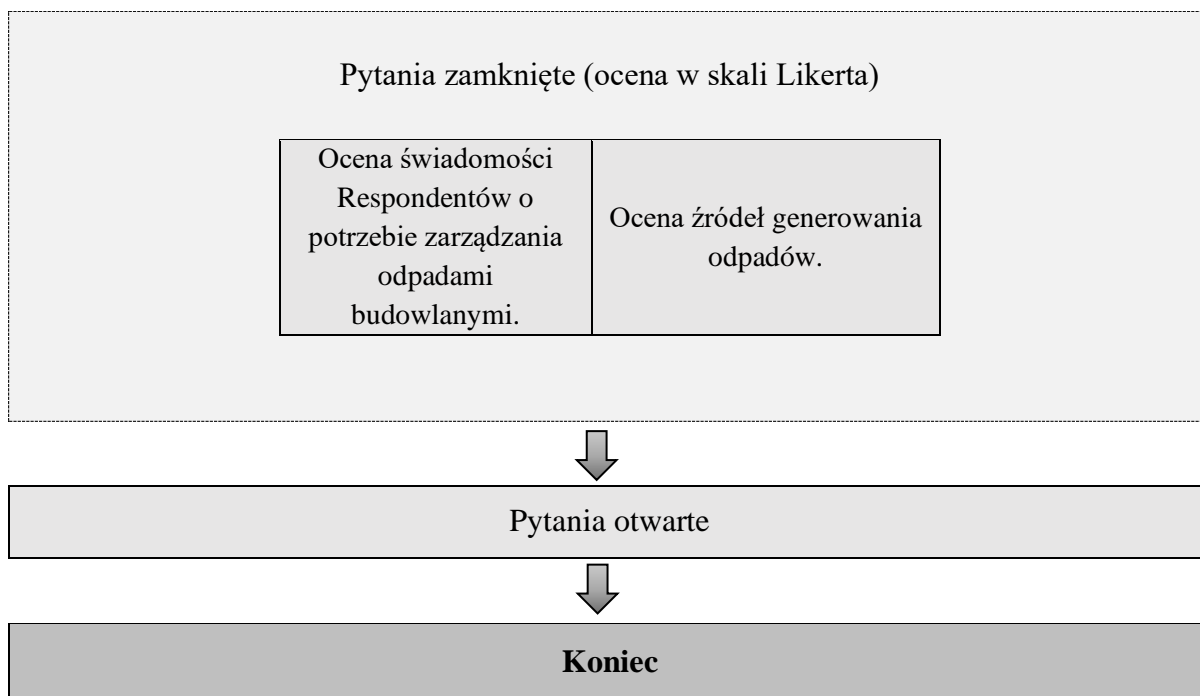
- 1 – niski poziom,
- 2 – średni poziom,
- 3 – wysoki poziom.

Do oceny źródeł generowania odpadów budowlanych przyjęto następujące oceny:

- 1 - oznacza, że czynnik ma minimalny wpływ na generowanie odpadów budowlanych,
- 2 - czynnik ma mały wpływ na generowanie odpadów,
- 3 - czynnik ma średni wpływ na generowanie odpadów,
- 4 - czynnik ma duży wpływ na generowanie odpadów,
- 5 - czynnik ma bardzo duży wpływ na generowanie odpadów.

Do każdej części ankiety Respondenci mogli formułować własne uwagi i spostrzeżenia. Formularz ankiety zamieszczono w załączniku A. Na rysunku 3.2. przedstawiono strukturę ankiety.





Rys. 3.2. Struktura ankiety badawczej.

3.2.2. Zdefiniowanie populacji badawczej

Przyjęto, że populacja generalna obejmuje osoby zatrudnione w przedsiębiorstwach budowlanych o profilu projektowym i wykonawczym. Określono cechy stałe populacji, a mianowicie:

- Przedmiotem badania jest kadra menedżerska w przedsiębiorstwach budowlanych różnych wielkości o profilu projektowym i wykonawczym. Na podstawie wstępnie przeprowadzonych ankiet i wywiadów z pracownikami, został wyłoniony typ Respondenta. Respondentem powinna być osoba zatrudniona na stanowisku seniora budowy, co w warunkach polskich odpowiada kierownikowi budowy zarządzającego pracami budowlanymi, posiadająca minimum 10 lat doświadczenia zawodowego.
- Okres badań obejmuje przedział czasu od czerwca 2020 r. do sierpnia 2020 r. Ze względu na miejsce pracy i zamieszkania Autorki, obszar badawczy obejmuje przedsiębiorstwa budowlane zarejestrowane w Emiracie Szardży w Zjednoczonych Emiratach Arabskich. Obszar badawczy ograniczono tylko do jednego obszaru administracyjnego, ze względu na znaczne różnice w prawie budowlanym w poszczególnych Emiratach. W ten sposób uniknięto rozbieżności w wynikach badań.

3.3. Określenie wielkości próby badawczej

3.3.1. Określenie struktury populacji

Populację generalną P stanowią przedsiębiorstwa prowadzące działalność w zakresie projektowania i wykonania obiektów budowlanych. Populacja ta podzielona została na rozłączne subpopulacje (warstwy) $p_i, i = 1, \dots, I$.

(3.1)

$$P = \sum_{i=1}^I p_i$$

Gdzie:

p_i – estymator frakcji i w populacji $P, i = 1, \dots, I$

P – populacja generalna.

Kryterium podziału populacji przedsiębiorstw na subpopulacje może stanowić wybrana cecha charakteryzująca przedsiębiorstwo, np. liczba zatrudnionych osób lub liczba osób zarządzających procesami, zatrudnionych w przedsiębiorstwie. Celem grupowania jest wyodrębnienie możliwie jednorodnych, pod kątem danej cechy, grup przedsiębiorstw budowlanych.

Na podstawie dostępnych danych statystycznych określono strukturę populacji, czyli udział procentowy każdej subpopulacji w populacji generalnej. Następnie obliczono reprezentatywną wielkość próby badawczej w każdej subpopulacji.

3.3.2. Wielkość próby badawczej

Do wyznaczenia wielkości próby badawczej dla każdej subpopulacji przyjęto bezzwrotny schemat wyboru jednostek wg. wzoru [Szreder, 2010]:

(3.2)

$$n_i = \frac{u_{1-\alpha/2}^2 \cdot p_i \cdot (1-p_i)}{d^2}$$

Gdzie:

n_i – liczebność próby dla subpopulacji $i, i = 1, \dots, I$,

N – liczebność populacji generalnej,

$u_{1-\alpha/2}$ – wartość z rozkładu normalnego dla współczynnika ufności $(1 - \alpha)$,

p_i – estymator frakcji i w populacji $P, i = 1, \dots, I$

d – maksymalny dopuszczalny błąd pomiaru.

3.4. Przeprowadzenie badań ankietowych w przedsiębiorstwach

Badania próby reprezentatywnej przeprowadzono metodą wywiadu bezpośredniego, która gwarantuje uzyskanie najdokładniejszych odpowiedzi. *Wywiad bezpośredni polega na pozyskiwaniu informacji od respondenta przez bezpośredni jego kontakt z badaczem lub*

ankieterem. Bezpośredni kontakt może mieć charakter kontaktu osobistego (wywiad osobisty, wywiad 'w cztery oczy') albo też kontaktu przez telefon (wywiad telefoniczny).' [Szreder, 2010] Autorka zastosowała obie formy wywiadu bezpośredniego. Do głównych zalet metody wywiadu bezpośredniego należą:

- możliwość wyjaśnienia niejasności w trakcie wywiadu,
- możliwość uzyskania rozbudowanych odpowiedzi na pytania otwarte,
- możliwość wykrycia sprzecznych odpowiedzi Respondenta [Szreder, 2010],
- możliwość uzyskania odpowiedzi na rozbudowane pytania w formie tabel np. pytania dotyczące źródeł generowania odpadów budowlanych w poszczególnych fazach procesu budowlanego.

Do głównych wad metody wywiadu bezpośredniego zalicza się:

- czasochłonność,
- wysokie koszty związane z dotarciem do Respondenta,
- nieufność Respondentów do ankietera.

W przypadku badanej próby reprezentatywnej, zalety metody wywiadu bezpośredniego miały przeważający wpływ nad wadami tej metody, na uzyskanie najlepszej jakości danych. Jednakże wymienione powyżej wady były przyczyną uzyskania niepełnej wielkości próby reprezentatywnej.

3.5. Opracowanie metodyki analiz statystycznych

Metodyka opracowana na potrzeby analiz wybranych obszarów badawczych przedstawia się następująco:

1. W celu zbadania zależności między metodami redukcji odpadów a wielkością przedsiębiorstwa, zastosowano test niezależności chi-kwadrat [Pearson, 1900].
2. W celu otrzymania rankingu czynników, mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w badanych przedsiębiorstwach, obliczono średnią arytmetyczną dla każdego czynnika. Natomiast, aby zbadać zależności tych czynników od wielkości przedsiębiorstwa obliczono statystyki testu Kruskala Wallisa z testem post hoc Duna [Kruskal, Wallis, 1952].
3. W celu zbadania zależności między czynnikami behawioralnymi a liczbą stosowanych metod redukujących odpady budowlane, najpierw obliczono test normalności Kołmogorowa Smirnowa [Kołmogorow, 1933] z poprawką Lillieforsa [Lilliefors, 1967] a następnie przeprowadzono analizę rang Spearmana [Spearman, 1910].

3.6. Analiza uzyskanych wyników badań

Analiza uzyskanych wyników pozwoliła określić:

1. Zależności między stosowaniem metod redukcji odpadów a wielkością przedsiębiorstwa, dla pięciu wyrobów budowlanych.
2. Ranking czynników, które mają wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach i zależność tych czynników od wielkości przedsiębiorstwa.
3. Zależności między czynnikami behawioralnymi, dotyczącymi zarządzania odpadami budowlanymi, a metodami redukcji odpadów budowlanych. Ponadto, określono częstość zastosowania metod redukcji odpadów budowlanych oraz poziom świadomości pracowników o zarządzaniu odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwach o różnej wielkości.

3.7. Wnioski

Wyniki przeprowadzonych analiz były podstawą sformułowania wniosków szczegółowych i końcowych.

4. Charakterystyka badanej populacji

4.1. Wielkość i struktura badanej populacji

Na podstawie wstępnych 50 ankiet przeprowadzonych przez Autorkę z przedstawicielami podmiotów gospodarczych będących głównymi wykonawcami określono strukturę i liczebność badanej populacji. W próbie wstępnej, wśród badanych podmiotów 18 przedsiębiorstw (36%) zatrudnia od 1 do 9 pracowników, 14 przedsiębiorstw (28%) zatrudnia od 10 do 49 pracowników, 4 przedsiębiorstwa (8%) zatrudniają od 50 do 99 pracowników, 7 przedsiębiorstw (14%) zatrudnia od 100 do 249 pracowników, a 7 (14%) zatrudnia 250 pracowników i więcej. Na podstawie wstępnych 50 ankiet określono, że liczebność próby badawczej dla $d=10\%$ i $\alpha=0.1$ wynosi 203 (tabela 4.1.).

Tabela 4.1. Określenie struktury i liczebności subpopulacji na podstawie próby wstępnej.

Numer subpopulacji	Liczba zatrudnionych pracowników	Ilość ankiet w próbie wstępnej	Udział p_i [%] w ogólnej liczbie ankiet	$u_i^2 - \alpha/2$ dla $\alpha=0.1$	Liczebność subpopulacji n_i dla $d=10\%$
1	1 - 9	18	36%	2.706	62
2	10 - 49	14	28%	2.706	55
3	50 - 99	4	8%	2.706	20
4	100 - 249	7	14%	2.706	33
5	≥ 250	7	14%	2.706	33
Razem		50	100%		203

Badania ankietowe Autorka przeprowadziła techniką wywiadu osobistego i wywiadu telefonicznego z uwagi na możliwość pozyskania najdokładniejszych danych. Z powodu różnic w jakości wykształcenia, liczby lat doświadczenia i możliwości porozumiewania się w języku angielskim ankietowanych, Autorka preferowała metodę wywiadu osobistego, ponieważ umożliwia ona natychmiastowe wyjaśnienie niejasności czy brak nieścisłości w odpowiedziach.

Ograniczenia dotyczące przeprowadzonych badań

W trakcie badań wyniknęły trudności, które wpłynęły na zmniejszenie próby badawczej. Były one związane z:

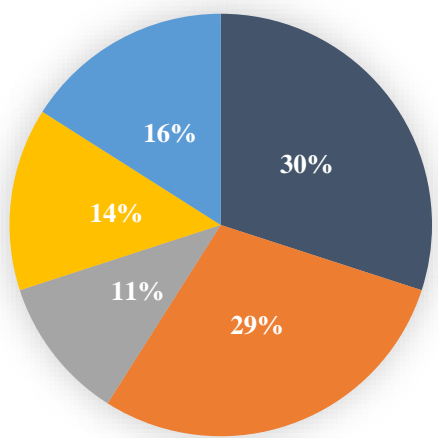
- czasochłonnością wykonywanych badań,
- kosztem badań związanymi z dotarciem do Respondentów,

- trudnościami w uzyskaniu danych kontaktowych do przedsiębiorstw (Niestety Urząd Miasta Szardży odmówił podania danych kontaktowych do podmiotów gospodarczych głównych wykonawców z powodu ochrony danych. Utrudniony dostęp do Respondentów, był spowodowany również nieaktualnymi adresami e-mailowymi i numerami telefonów dostępnymi w Internecie).

Z powyższych powodów Autorka przeprowadziła 140 ankiet wśród przedsiębiorstw, zachowując przy tym proporcje subpopulacji określone w tabeli 4.1. W tabeli 4.2. zamieszczono udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od liczby zatrudnionych osób.

Tabela 4.2. Udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od liczby zatrudnionych osób.

Liczba pracowników zatrudnionych w badanych przedsiębiorstwach	Liczba przedsiębiorstw n_i	Udział procentowy
1 – 9 pracowników	42	30%
10 – 49 pracowników	41	29%
50 – 99 pracowników	15	11%
100 - 249 pracowników	20	14%
250 pracowników i więcej	22	16%
Razem	140	100%



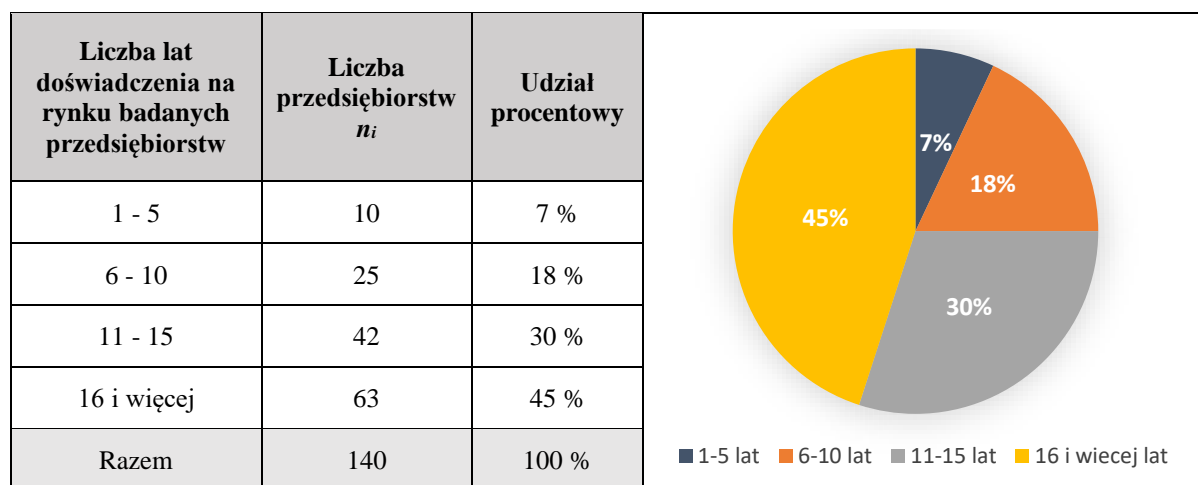
W badanej grupie reprezentatywnej, 42 przedsiębiorstwa (30%) zatrudniają od 1 do 9 pracowników, 41 przedsiębiorstw (29%) zatrudnia od 10 do 49 pracowników, 15 przedsiębiorstw (11%) zatrudnia od 50 do 99 pracowników, 20 przedsiębiorstw (14%) zatrudnia od 100 do 249 pracowników, a 22 przedsiębiorstwa (16%) zatrudniają 250 pracowników lub więcej. Podsumowując, najliczniejsza subpopulacja zawiera przedsiębiorstwa, zatrudniające najmniej pracowników.

4.2. Analiza badanej populacji pod względem doświadczenia na rynku budowlanym

Przedsiębiorstwa podzielono na 4 grupy pod względem liczby lat doświadczenia na rynku budowlanym: od 1 do 5 lat (1), od 6 do 10 lat (2), od 11 do 15 lat (3) oraz od 16 lat i

więcej (4). W tabeli 4.3. zamieszczono udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od liczby lat doświadczenia na rynku budowlanym.

Tabela 4.3. Liczba lat doświadczenia na rynku budowlanym w badanych przedsiębiorstwach.



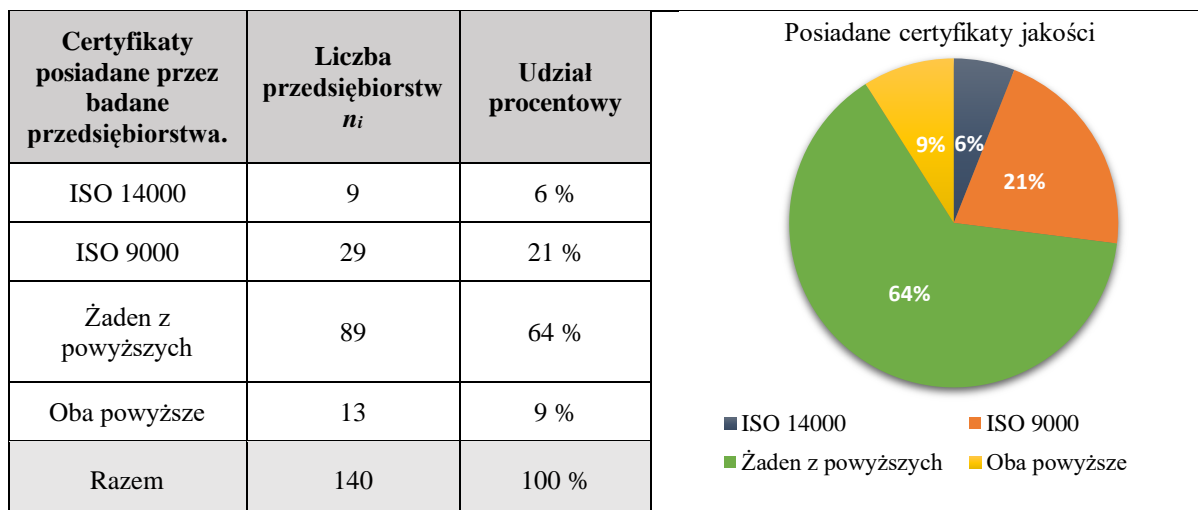
Wśród badanych przedsiębiorstw, 63 przedsiębiorstwa (45%) miało 16 i więcej lat doświadczenia na rynku robót budowlanych, 42 przedsiębiorstwa (30%) miało od 11 do 15 lat doświadczenia, 25 przedsiębiorstw (18%) miało od 6 do 10 lat doświadczenia, a 10 przedsiębiorstw (7%) miało od 1 do 5 lat doświadczenia. Podsumowując, najstarsza grupa przedsiębiorstw, licząca 16 lat doświadczenia lub więcej była również najliczniejszą grupą w badanych przedziałach wiekowych.

4.3. Analiza badanej populacji pod względem posiadanych certyfikatów jakości

Ze względu na brak jednolitego prawa budowlanego w Emiracie Szardży [Białko i Hoła, 2016] zbadano przedsiębiorstwa pod względem posiadanych certyfikatów ISO 14000 i ISO 9000. W tabeli 4.4. przedstawiono udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od liczby i rodzaju posiadanych certyfikatów.

W badanej grupie reprezentatywnej, tylko 9 przedsiębiorstw (6%) posiada certyfikat ISO 14000, 29 przedsiębiorstw (21%) posiada certyfikat ISO 9000, 89 przedsiębiorstw (64%) nie posiada żadnego certyfikatu, a 13 przedsiębiorstw (9%) posiada oba certyfikaty. Podsumowując, najliczniejsza grupa badanych przedsiębiorstw nie posiadała żadnego z wymienionych certyfikatów.

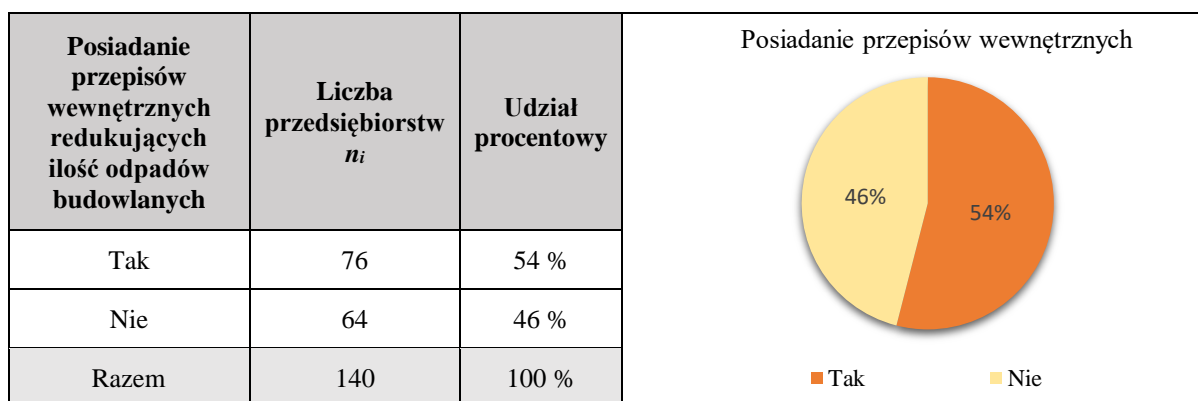
Tabela 4.4. Liczba przedsiębiorstw posiadających certyfikaty jakości.



4.4. Analiza badanej populacji pod względem posiadanych procedur redukcji odpadów budowlanych

Badane przedsiębiorstwa zostały również zbadane pod względem posiadanych własnych procedur redukcji odpadów budowlanych. W tabeli 4.5. umieszczono udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od posiadania przepisów wewnętrznych służących do redukcji odpadów budowlanych.

Tabela 4.5. Posiadanie przepisów wewnętrznych służących do redukcji odpadów budowlanych, w badanych przedsiębiorstwach.



W badanej próbie reprezentatywnej, 76 przedsiębiorstw (54%) posiada przepisy wewnętrzne służące do redukcji odpadów budowlanych, a 64 przedsiębiorstwa (46%) ich nie posiada. Różnica między przedsiębiorstwami posiadającymi i nie posiadającymi przepisy wewnętrzne jest niewielka i wynosi 8%.

4.5. Analiza badanej populacji pod względem liczby zrealizowanych obiektów i ich kubatury

W tabeli 4.6. zamieszczono udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od liczby dużych inwestycji budowlanych (o wartości 3 mln zł (3 000 000) i więcej) ukończonych przez badane podmioty gospodarcze w ciągu ostatnich 5 lat.

Tabela 4.6. Liczba dużych inwestycji budowlanych (o wartości 3 mln zł (3 000 000) i więcej) ukończonych przez badane przedsiębiorstwa w ciągu ostatnich 5 lat.

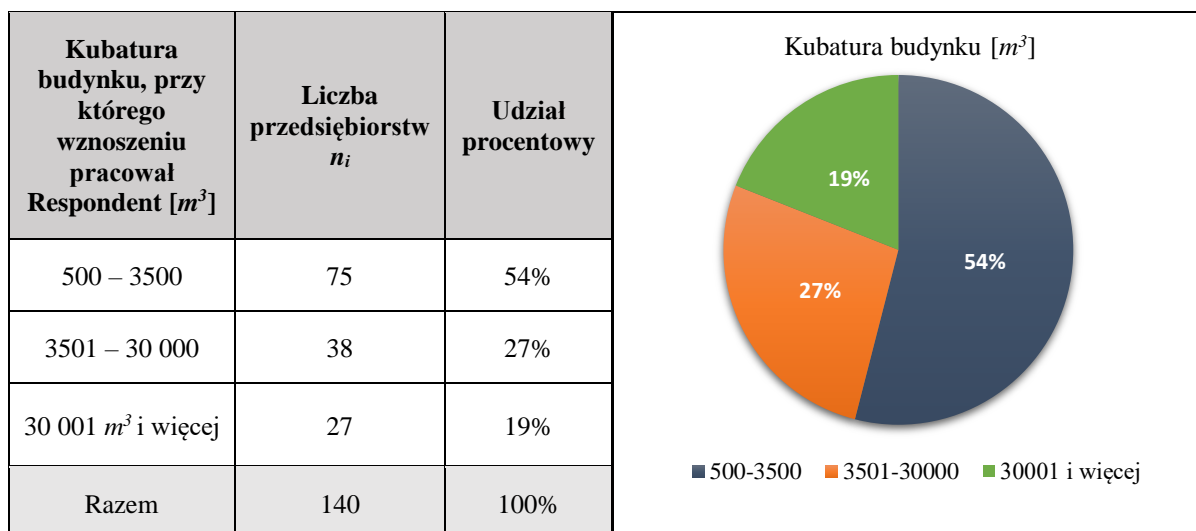
Liczba dużych inwestycji budowlanych ukończonych w ciągu ostatnich 5 lat.	Liczba przedsiębiorstw n_i	Udział procentowy	<p>Liczba dużych inwestycji ukończonych w ciągu ostatnich 5 lat</p> <p>■ 1-5 ■ 6-10 ■ 11-15 ■ 16-20 ■ 21 i więcej</p>
1 - 5	51	36%	
6 - 10	35	25%	
11 - 15	16	11%	
16 - 20	8	6%	
21 i więcej	30	21%	
Razem	140	100%	

Pośród badanych przedsiębiorstw, aż 51 (36%) ukończyło od 1 do 5 dużych (o wartości 3 mln zł (3 000 000) i więcej) inwestycji w ciągu ostatnich 5 lat, 35 przedsiębiorstw (25%) ukończyło od 6 do 10 inwestycji, 16 przedsiębiorstw (11%) ukończyło od 11 do 15 inwestycji, 8 przedsiębiorstw (6%) od 16 do 20 inwestycji, a kolejnych 30 przedsiębiorstw (21%) ukończyło 21 inwestycji lub więcej. Do największej grupy, w badanej populacji, należały przedsiębiorstwa, które ukończyły od 1 do 5 dużych inwestycji w ciągu ostatnich 5 lat.

4.6. Analiza badanej populacji pod względem całkowitej kubatury budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent

W tabeli 4.7. podano udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od całkowitej kubatury budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.

Tabela 4.7. Całkowita kubatura budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.

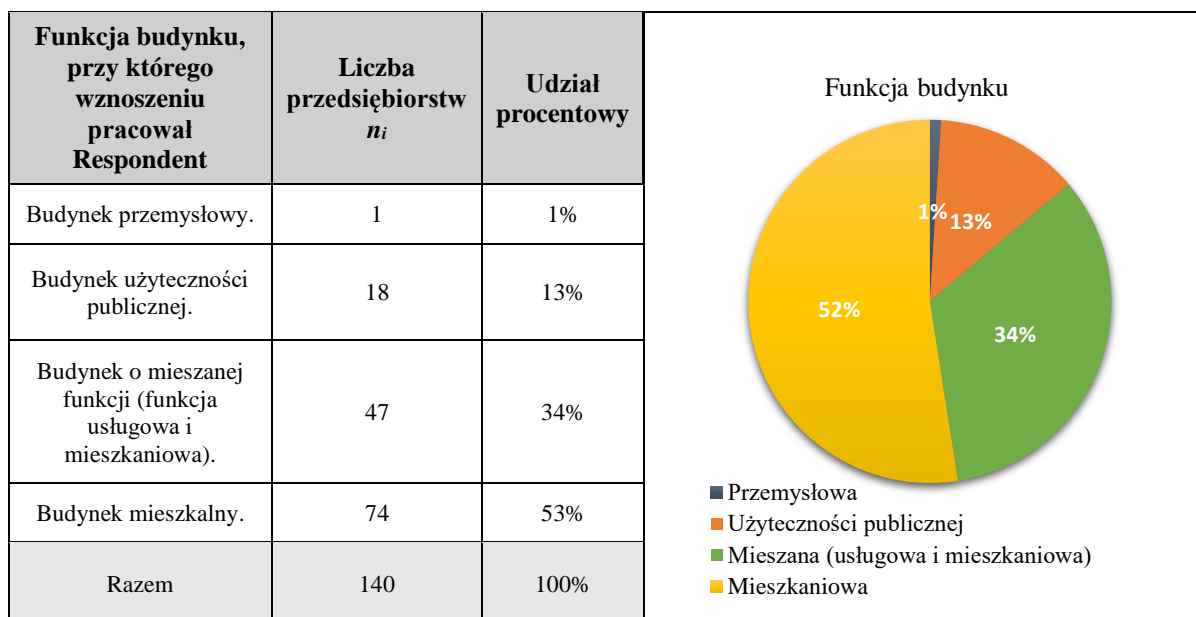


Pośród badanych przedsiębiorstw, aż 75 (54%) wznosiło budynki o kubaturze od 500 do 3500 m^3 , 38 przedsiębiorstw (27%) wznosiło budynki o kubaturze od 3501 do 3500 m^3 , a następne 27 przedsiębiorstwa (19%) wznosiło budynki o kubaturze 30 001 m^3 i większej. W badanej populacji największa grupa Respondentów pracowała przy wznoszeniu budynków o najmniejszej kubaturze (od 500 do 3500 m^3).

4.7. Analiza badanej populacji pod względem funkcji i konstrukcji realizowanych budynków

W tabeli 4.8. zamieszczono udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od funkcji wznoszonego budynku.

Tabela 4.8. Funkcja budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.

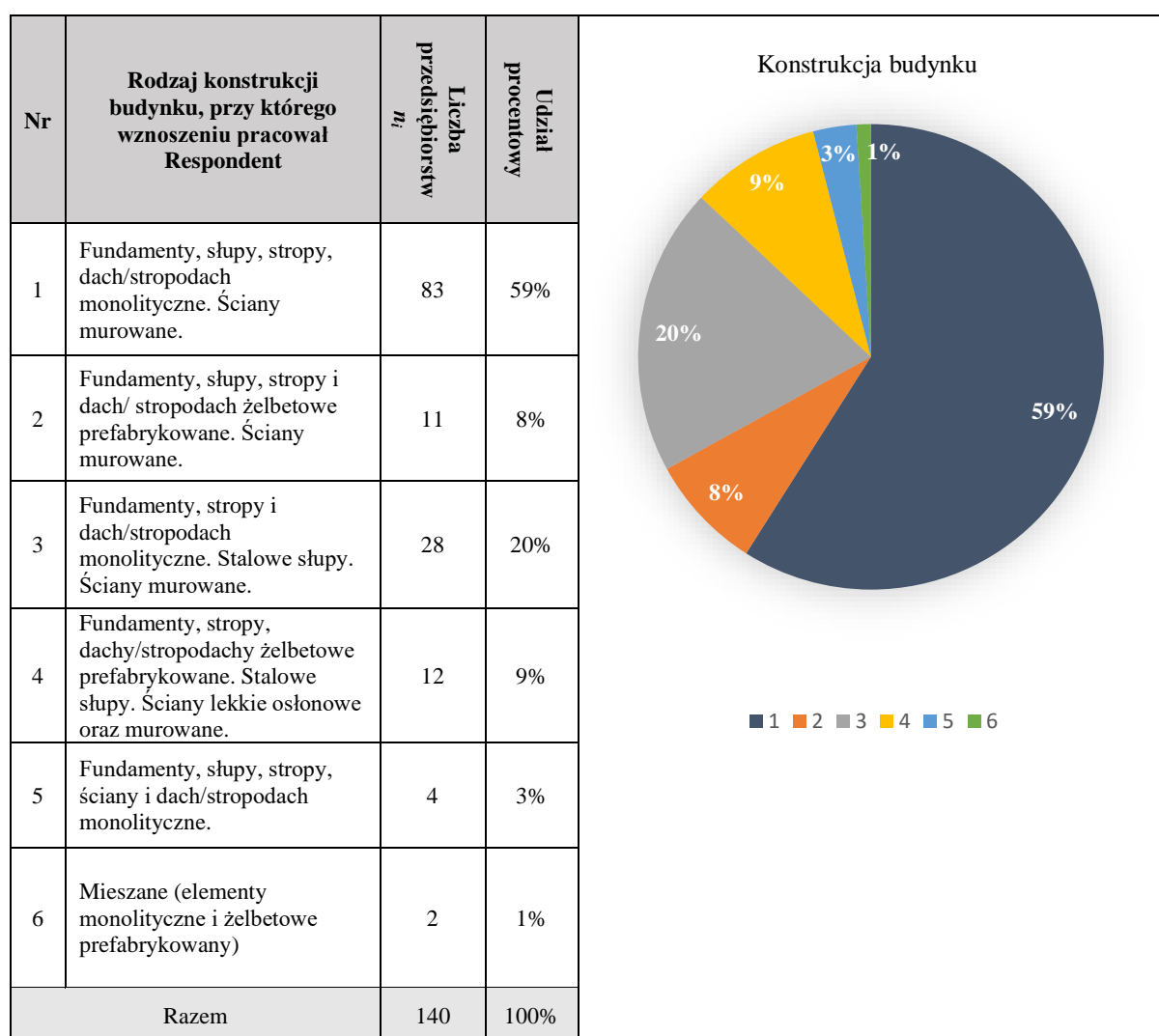


W badanej próbie reprezentatywnej, 74 przedsiębiorstwa (53%) wznosiło budynki mieszkalne, 47 przedsiębiorstwa (34%) wznosiło budynki o funkcji mieszanej (usługowej i mieszkaniowej), 18 przedsiębiorstw (13%) wznosiło budynki użyteczności publicznej, a tylko 1 przedsiębiorstwo (1%) wznosiło budynek przemysłowy. Największa grupa Respondentów pracowała przy wznoszeniu budynków o funkcji mieszkalnej.

4.8. Analiza badanej populacji pod względem rodzaju konstrukcji budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent

W tabeli 4.9. podano udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od rodzaju konstrukcji budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.

Tabela 4.9. Konstrukcja budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.



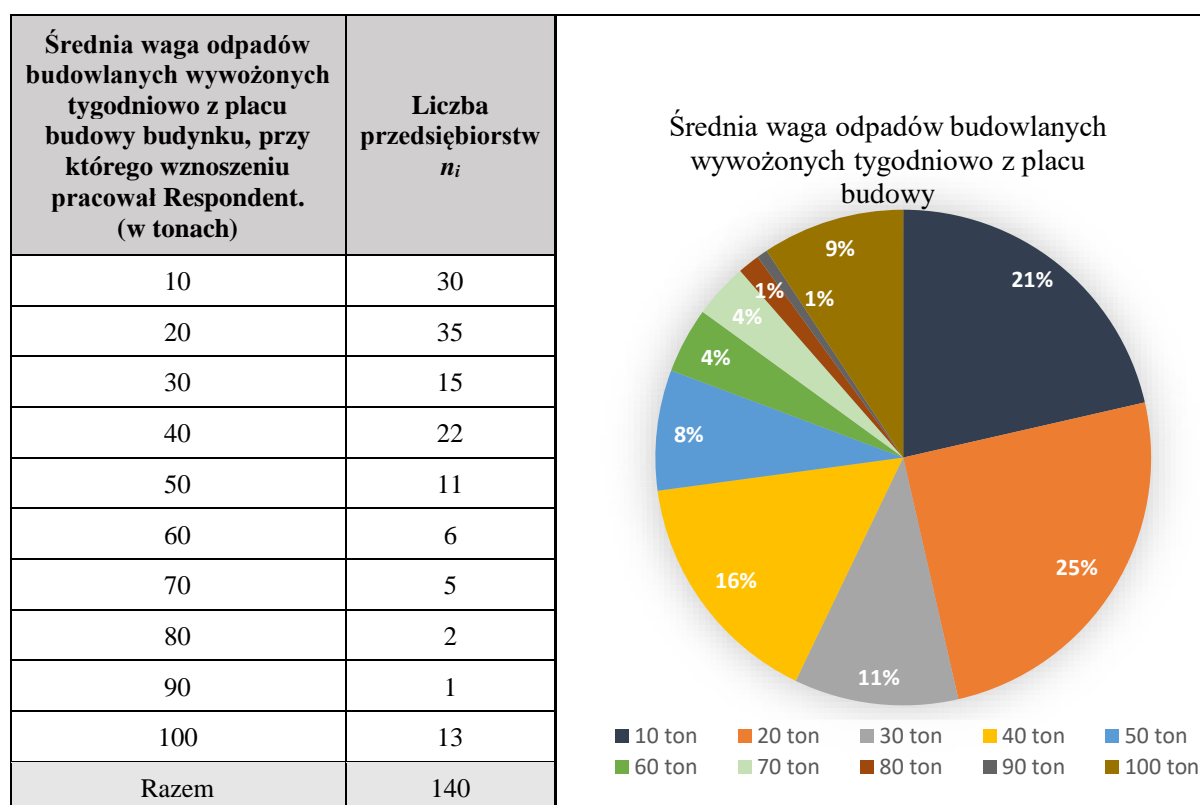
W badanej próbie reprezentatywnej, 83 przedsiębiorstwa (59%) realizowało budynki, których ściany były murowane a fundamenty, słupy, stropy i dachy/stropodachy były monolityczne.

Jest to największa grupa wśród badanych przedsiębiorstw. Drugą co do wielkości grupą były przedsiębiorstwa, które realizowały budynki o ścianach murowanych, słupach stalowych a fundamentach, stropach i dachach/stropodachach monolitycznych. Ta grupa liczy 28 przedsiębiorstw (20%). Trzecią co do wielkości grupą, były przedsiębiorstwa, które realizowały budynki o ścianach murowanych i fundamentach, słupach, stropach, dachach/stropodachach żelbetowych prefabrykowanych. Ta grupa liczy 11 przedsiębiorstw (8%). Czwartą co do wielkości grupą, były przedsiębiorstwa, które realizowały budynki o ścianach murowanych i lekkich osłonowych, stalowych słupach, a fundamentach, stropach i dachach/stropodachach żelbetowych prefabrykowanych. Ta grupa liczy 12 przedsiębiorstw (9%). Piątą co do wielkości grupą, były przedsiębiorstwa, które realizowały budynki o fundamentach, słupach, stropach, ścianach, dachach/stropodachach monolitycznych. Ta grupa liczy tylko 4 przedsiębiorstwa (3%). Pozostałe 2 przedsiębiorstwa (1%) realizowały budynki o konstrukcji mieszanej (elementy monolityczne i żelbetowe prefabrykowane).

4.9. Analiza badanej populacji pod względem wielkości generowanych odpadów budowlanych

W tabeli 4.10. podano udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od średniej wagi odpadów budowlanych wywożonych tygodniowo z placu budowy budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.

Tabela 4.10. Średnia waga odpadów budowlanych wywożonych tygodniowo z placu budowy budynku, przy którego wznoszeniu pracował Respondent.

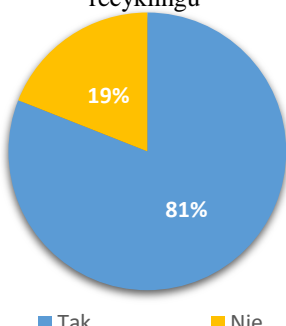


W badanej próbie reprezentatywnej, 30 przedsiębiorstw (21%) wywozi tygodniowo średnio 10 ton odpadów z placu budowy, 35 przedsiębiorstw (35%) wywozi tygodniowo średnio 20 ton odpadów z placu budowy, 15 przedsiębiorstw (11%) wywozi tygodniowo średnio 30 ton odpadów z placu budowy, 22 przedsiębiorstwa (16%) wywozi tygodniowo średnio 40 ton odpadów z placu budowy, 11 przedsiębiorstw (8%) wywozi tygodniowo średnio 50 ton odpadów z placu budowy, 6 przedsiębiorstw (4%) wywozi tygodniowo średnio 60 ton odpadów z placu budowy, 5 przedsiębiorstw (4%) wywozi tygodniowo średnio 70 ton odpadów z placu budowy, 2 przedsiębiorstwa (1%) wywozi tygodniowo średnio 80 ton odpadów z placu budowy, tylko 1 przedsiębiorstwo (1%) wywozi tygodniowo średnio 90 ton odpadów z placu budowy, a kolejne 13 przedsiębiorstw (9%) wywozi tygodniowo średnio 100 ton odpadów z placu budowy. Średnia waga odpadów budowlanych wywożonych tygodniowo z placów budowy uzyskana ze 140 ankiet to 36.71 ton. Mediana wagi odpadów budowlanych to 30 ton a najczęściej występująca waga odpadów budowlanych to 20 ton.

4.10. Analiza badanej populacji pod względem sprzedaży odpadów stalowych do recyklingu

W tabeli 4.11. podano udział liczbowy i procentowy przedsiębiorstw wchodzących w skład badanej populacji w zależności od sprzedaży odpadów stalowych do recyklingu.

Tabela 4.11. Sprzedaż odpadów stalowych do recyklingu przez badane przedsiębiorstwa.

Sprzedaż odpadów stalowych do recyklingu przez badane przedsiębiorstwa	Liczba przedsiębiorstw n_i	Udział procentowy	<p>Sprzedaż odpadów stalowych do recyklingu</p> 
Tak	113	81 %	
Nie	27	19 %	
Razem	140	100 %	

Wśród badanych przedsiębiorstw, 113 (81 %) deklarowało sprzedaż odpadów stalowych do recyklingu a 27 przedsiębiorstw (19 %) takiej sprzedaży nie deklarowało.

4.11. Podsumowanie

Poniżej zebrano najczęściej występujące cechy charakterystyczne badanej populacji oraz budynków, przy których pracowali Respondenci. Przedsiębiorstwa najczęściej cechowały się:

- posiadaniem 16 lat doświadczenia na rynku i więcej,
- brakiem posiadania certyfikatu ISO 14000 i ISO 9000,
- posiadaniem własnych procedur redukcji odpadów budowlanych,
- realizacją od 1 do 5 dużych inwestycji w ciągu ostatnich 5 lat,

- sprzedawaniem odpadów stalowych do recyklingu.

Budynki, przy których wznoszeniu pracowali Respondenci, najczęściej cechowały się:

- kubaturą od 500 do 3500 m^3 ,
- funkcją mieszkalną,
- konstrukcją monolityczną w zakresie: fundamentów, słupów i stropów żelbetową, natomiast ściany murowane,
- średnią wagą odpadów budowlanych wywożonych tygodniowo z placu budowy równą 20 ton.

5. Opis konstrukcji budynków

Przedmiotem analizy w rozdziale piątym są najczęściej stosowane rodzaje konstrukcji budynków, przy których pracowali Respondenci. Obecnie w ZEA, w Emiracie Szardży, począwszy od lat siedemdziesiątych XX wieku, najczęściej stosuje się wyroby betonowe, do których produkcji używa się cement portlandzki i cement portlandzki mieszany [Dubai Municipality, 1991]. Przedstawiony opis oparto na wymogach zawartych w lokalnych przepisach [Dubai Municipality, 1991; DEWA, 2021; DMS 1: Part 1: 2020] i na wywiadach z przedstawicielami przedsiębiorstw budowlanych i Uniwersytetu w Szardży [Emirates Stone, 2020; Gulf Precast, 2021; Thykadavil wywiad, 2021; Junaid wywiad, 2021]. Rodzaje konstrukcji oraz ich zastosowanie zostały uwzględnione w badaniach ankietowych przeprowadzonych przez Autorkę.



Fot. 5.1. Panorama Szardży [CTBUH, 2021].

5.1. Typowe konstrukcje budynków, przy których pracowali Respondenci

Obecnie, w centrum Szardży znajdują się budynki o wysokości do 225 m (58 kondygnacji) [CTBUH, 2021]. Wraz ze wzrostem wysokości budynku wzrasta różnorodność pomieszczonych funkcji. Budynki wysokościowe najczęściej mieściły usługi, parking nadziemny, biura i mieszkania. Budynki o średniej wysokości (do 8 kondygnacji) mieściły parking nadziemny lub usługi na poziomie parteru i mieszkania powyżej.

Obiekty od 1 do 8 kondygnacji, przy których pracowali Respondenci, miały następującą konstrukcję:

- fundamenty monolityczne lub żelbetowe prefabrykowane,
- słupy stalowe, żelbetowe prefabrykowane lub monolityczne,

- ściany wewnętrzne z bloczków pełnych, bloczków komórkowych lub pustaków betonowych,
- ściany zewnętrzne wykonywane z ocieplanych bloczków betonowych,
- stropy i stropodachy monolityczne lub żelbetowe prefabrykowane,
- konstrukcje dachów są stalowe lub monolityczne.

Przykłady konstrukcji obiektów od 1 do 8 kondygnacji, przy których pracowali Respondenci przedstawiono na zdjęciach od 5.2 do 5.6.



Fot. 5.2. Wolnostojący dom jednorodzinny w Szardży [materiały własne].



Fot. 5.3. Wolnostojący dom jednorodzinny w Szardży [materiały własne].



Fot. 5.4. Wolnostojący dom jednorodzinny w Szardży [materiały własne].



Fot. 5.5. Budynek wielorodzinny z usługami na parterze i dwupoziomowym parkingiem wewnętrznym w Szardży [materiały własne].



Fot. 5.6. Wille szeregowe w trakcie budowy w Szardży [MGCC, 2021].

W budynkach powyżej 8 kondygnacji nie stosuje się elementów prefabrykowanych. Konstrukcja takich budynków jest następująca:

- fundamenty monolityczne,
- słupy monolityczne,
- ściany wewnętrzne z bloczków pełnych, bloczków komórkowych lub pustaków betonowych,
- ściany zewnętrzne wykonywane z ocieplanych bloczków betonowych,
- stropy i stropodachy monolityczne,
- dachy monolityczne.

Przykład konstrukcji obiektów powyżej 8 kondygnacji przedstawiono na zdjęciu 5.7 i 5.8.



Fot. 5.7. Budynki wysokościowe w trakcie budowy w Szardży [MGCC, 2021].



Fot. 5.8. Budynek wysokościowy w trakcie budowy w Szardży [materiały własne].

5.2. Cechy charakterystyczne konstrukcji, przy których pracowali Respondenci

5.2.1. Konstrukcje monolityczne

Fundamenty, słupy, stropy, dachy, stropodachy, ściany zewnętrzne nośne lub ściany o szczególnym kształcie projektowane są jako elementy żelbetowe monolityczne. Normy określające specyfikację mieszanki betonowej i jej składników, to EN 1504. Norma brytyjska, BS 8110, określa konstrukcyjne zastosowanie betonu w budynkach oraz precyzuje zakres doboru materiałów i mieszanek do zastosowania w szczególnych sytuacjach [Dubai Municipality, 1991]. Wytrzymałość na ściskanie elementów żelbetowych monolitycznych wynosi $30\text{--}40\text{ N/mm}^2$ [Braja, 2011; Junaid wywiad, 2021]. Najczęściej stosuje się gotową mieszankę betonową o konsystencji mierzonej wg metody opadu stożka 120 mm . Natomiast najczęściej stosowane pręty zbrojeniowe mają minimalną granicę plastyczności 420 N/mm^2 [Emirates Stone, 2020]. Według Dubai Green Building Regulations współczynnik przenikania ciepła dla dachów i stropodachów nie może być większy niż $U=0.3\text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ [DEWA, 2021].

5.2.2. Konstrukcje murowane

Normy określające specyfikację wyrobów drobnowymiarowych to Dubai Municipality Standards 1, które opierają się na normach amerykańskich i brytyjskich. Jako beton zwykły określa się beton o gęstości po wyschnięciu w piecu między 2000 kg/m^3 a 2600 kg/m^3 . Natomiast beton lekki nie ma więcej niż 2000 kg/m^3 [DMS 1: Part 1: 2020]. Bloczki pełne, bloczki z betonu komórkowego i pustaki betonowe mają zastosowanie zarówno w konstrukcjach przenoszących obciążenie i nieprzenoszących obciążeń. Standardowe bloczki pełne mają długość 400 mm , wysokość 200 mm i szerokość od 100 mm do 300 mm . Wytrzymałość na ściskanie, w zależności od szerokości, wynosi od 7.5 N/mm^2 do 12 N/mm^2 .

[Emirates Stone, 2020]. Standardowe wymiary bloczków komórkowych i pustaków betonowych zaprezentowano w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Standardowe wymiary bloczków komórkowych i pustaków betonowych [DMS 1: Part 1: 2020].

Szerokość (mm)	Grubość ścianki (mm)	Grubość elementów przedziałowych (mm)
100	20	20
150	25	25
≥ 200	30	25

Średnia wytrzymałość na ściskanie wyrobów drobnowymiarowych została przedstawiona w tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Średnia wytrzymałość na ściskanie wyrobów drobnowymiarowych [DMS 1: Part 1: 2020]

Typ wyrobów drobnowymiarowych	Średnia wytrzymałość na ściskanie (N/mm^2)
Beton zwykły	7.5
Beton lekki	3.2

Bloczki betonowe stosowane do wznoszenia ścian zewnętrznych posiadają izolację termiczną o grubości 60 mm. Wytrzymałość na ściskanie wyrobów ocieplonych wynosi 7.5 N/mm^2 . Współczynnik przenikania ciepła wynosi od $U=0,49 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ do $U = 0.43 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ w zależności od grubości wyrobu. Natomiast współczynnik przewodzenia ciepła równa się od 0.111 $W/m/K$ do 0.133 $W/m/K$ w zależności od grubości wyrobu [Emirates Stone, 2020]. Według Dubai Green Building Regulations współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej nie może być większy niż $U = 0.57 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ [DEWA, 2021].

5.2.3. Konstrukcje prefabrykowane

Najczęściej spotykanymi żelbetowymi elementami prefabrykowanymi są: ściany zewnętrzne i wewnętrzne, fundamenty, stropy, słupy, panele dekoracyjne oraz elementy małej architektury np. ławki, fontanny, ogrodzenia, itp. Ściany prefabrykowane mają szerokie zastosowanie dzięki szybkości budowy i montażu. Ściany prefabrykowane mogą być wewnętrzne nośne i działowe oraz zewnętrzne. Ściany zewnętrzne mają szerokość od 200 do 250 mm i posiadają od 20 do 40 mm ocieplenia styropianem. Ściany wewnętrzne nośne mają najczęściej 200 mm szerokości a ściany działowe, 100 mm [Emirates Stone, 2020]. Ściany zewnętrzne oraz ściany wewnętrzne, zarówno działowe i nośne, muszą mieć odporność ogniową 2 godzinną i współczynnik przenikania ciepła nie większy niż $U = 0.57 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$

[DEWA, 2021]. Ściany prefabrykowane mają gładką powierzchnię, która nie wymaga tynkowania i są odporne na wnikanie wilgoci, grzybów i na korozję [Gulf Precast, 2021].

Elementami prefabrykowanymi są również stalowe słupy czy elementy stalowych konstrukcji dachów. Najczęściej jako słupy stosuje się dwuteowniki stalowe i rury o przekroju kwadratowym. Do produkcji profili i kształtowników stalowych używa się stali konstrukcyjnej walcowanej na gorąco, którą określają normy AISC [AISC, 2022].

Stropy żelbetowe prefabrykowane są często stosowane w budownictwie lokalnym ze względu na niższą cenę w porównaniu do innych systemów, większą rozpiętość i większą wytrzymałość na obciążenia niż stropy monolityczne. Do najczęściej stosowanych płyt stropowych należą płyty kanałowe o szerokości 1200 mm, grubości od 150 mm do 500 mm i rozpiętości do 18000 mm [Emirates Stone, 2020]. Stropy prefabrykowane mają 1,5 godzinną odporność ogniową, współczynnik przenikania ciepła nie większy niż $U = 0.30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ i wytrzymałość na ściskanie równą 35-40 N/mm^2 [DEWA, 2021].

Przykłady elementów prefabrykowanych stosowanych w lokalnym budownictwie przedstawiono na zdjęciach od 5.9 do 5.16.



Fot. 5.9. Ściana zewnętrzna żelbetowa prefabrykowana ocieplana 40 mm styropianem [materiały własne].



Fot. 5.10. Prefabrykowane betonowe panele ozdobne produkowane w lokalnej fabryce prefabrykatów [Emirates Stone, 2020].



Fot. 5.11. Widok na budowę parterowego budynku użyteczności publicznej w Szardży, z użyciem żelbetowych prefabrykowanych ścian zewnętrznych [materiały własne].



Fot. 5.12. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne składowane w fabryce prefabrykowanych elementów żelbetowych w Szardży [materiały własne].



Fot. 5.13. Widok na budowę parterowego budynku użyteczności publicznej w Szardży, z użyciem żelbetowych prefabrykowanych ścian zewnętrznych i wewnętrznych [materiały własne].



Fot. 5.14. Prefabrykowane żelbetowe słupy produkowane w lokalnej fabryce prefabrykatów [Emirates Stone, 2020].



Fot. 5.15. Płyty stropowe kanałowe składowane w lokalnej fabryce prefabrykatów [materiały własne].



Fot. 5.16. Prefabrykowane ogrodzenia żelbetowe produkowane w lokalnej fabryce prefabrykatów [Emirates Stone, 2020].

5.3. Podsumowanie

Podsumowując, przy wznoszeniu budynków, przy których pracowali Respondenci, używano najczęściej elementów konstrukcji murowanych, konstrukcji monolitycznych i elementów żelbetowych prefabrykowanych. Zastosowanie elementów wyżej wymienionych konstrukcji różni się w zależności od wysokości budynków. Do wznoszenia budynków od 1 do 8 kondygnacji stosuje się:

- fundamenty monolityczne lub żelbetowe prefabrykowane,
- słupy stalowe, żelbetowe prefabrykowane lub monolityczne,
- ściany murowane lub żelbetowe prefabrykowane,
- stropy i stropodachy żelbetowe prefabrykowane lub monolityczne,
- konstrukcje dachu stalowe lub monolityczne.

Do wznoszenia budynków powyżej 8 kondygnacji stosuje się:

- fundamenty monolityczne,
- ściany murowane,
- stropy monolityczne,
- dachy i stropodachy monolityczne.

Jako elementy murowane projektuje się ściany zewnętrzne i wewnętrzne, przenoszące obciążenie i nieprzenoszące obciążeń. Elementami monolitycznymi są fundamenty, słupy, stropy, stropodachy, dachy, ściany nośne i ściany o szczególnym kształcie. Do elementów prefabrykowanych zalicza się ściany zewnętrzne i wewnętrzne (przenoszące obciążenie i nieprzenoszące obciążeń), ogrodzenia, fundamenty, stropy, słupy, panele dekoracyjne oraz elementy małej architektury.

6. Identyfikacja metod redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach

Przedmiotem analizy jest zależność stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych od wielkości przedsiębiorstwa budowlanego. Analizę przeprowadzono dla następujących wyrobów budowlanych: stalowych, betonowych, drewnianych, drobnowymiarowych (ceramicznych, betonowych) oraz wykończeniowych (płytek ceramicznych i kamiennych).

6.1. Stosowane metody redukcji odpadów budowlanych

Na podstawie przeglądu literatury [Crawford i inni, 2017; Ekanayake i Ofori, 2004; Bossink i Brouwers, 1996; Al-Hajj i Hamani, 2011] stwierdzono, że w przedsiębiorstwach budowlanych stosowane są następujące metody redukcji odpadów budowlanych:

- 1) odpowiednie magazynowanie polegające na zabezpieczeniu wyrobów przed uszkodzeniem mechanicznym i warunkami atmosferycznymi,
- 2) zamawianie wyrobów budowlanych o odpowiednim wymiarze, co minimalizuje konieczność ich przycinania np. odpowiednia długość prętów stalowych,
- 3) szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, które ma skutkować redukcją strat spowodowanych nieodpowiednią obróbką wyrobów,
- 4) stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów na budowie, co zmniejsza ryzyko popełniania błędów przy zarządzaniu wyrobami budowlanymi,
- 5) odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów budowlanych zapobiegający ich uszkodzeniom,
- 6) odpowiednie zaangażowanie podwykonawców, co zmniejsza ilość odpadów budowlanych na samym placu budowy,
- 7) ochrona budowy, która zapobiega kradzieży lub wandalizmowi, a co za tym idzie, podwójnemu zamawianiu wyrobów budowlanych lub ich zniszczeniu,
- 8) zastosowanie elementów prefabrykowanych, co minimalizuje ilość odpadów generowanych przy produkcji elementów na placu budowy (np. prefabrykowane ściany betonowe, prefabrykowane mozaiki ceramiczne lub kamienne, prefabrykowane ściany ceramiczne czy prefabrykowane zbrojenia stalowe),
- 9) segregacja odpadów na budowie, zapobiegająca zanieczyszczeniu wyrobów (np. zanieczyszczenie odpadów betonowych ziemią i roślinami), co ogranicza możliwość ich zakwalifikowania do recyklingu lub do ponownego użycia,
- 10) wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów służące np. do usuwania gwoździ z elementów drewnianych lub kruszenia elementów betonowych,
- 11) ponowne użycie wyrobów na budowie (np. drewno do szalunku używane kilka razy; odpady betonowe, wyroby drobnowymiarowe oraz płytki ceramiczne i kamienne stosowane jako gruz pod tymczasowe drogi i chodniki; pręty stalowe jako znaczniki punktów charakterystycznych na budowie),
- 12) dostawa wyrobów w odpowiednim czasie, co zmniejsza czas magazynowania i tym samym ryzyko ich uszkodzenia,

13) posiadanie planu wywożenia odpadów, który ułatwia zarządzanie odpadami budowlanymi.

Poniżej, w tabeli 6.1, zestawiono odpowiedzi Respondentów na temat zastosowanych metod redukcji odpadów budowlanych w odniesieniu do wymienionych wyżej wyrobów budowlanych. Respondenci, w skali 0-1 (tak – nie) odpowiadali na pytanie, czy dana metoda redukcji stosowania jest w przedsiębiorstwie.

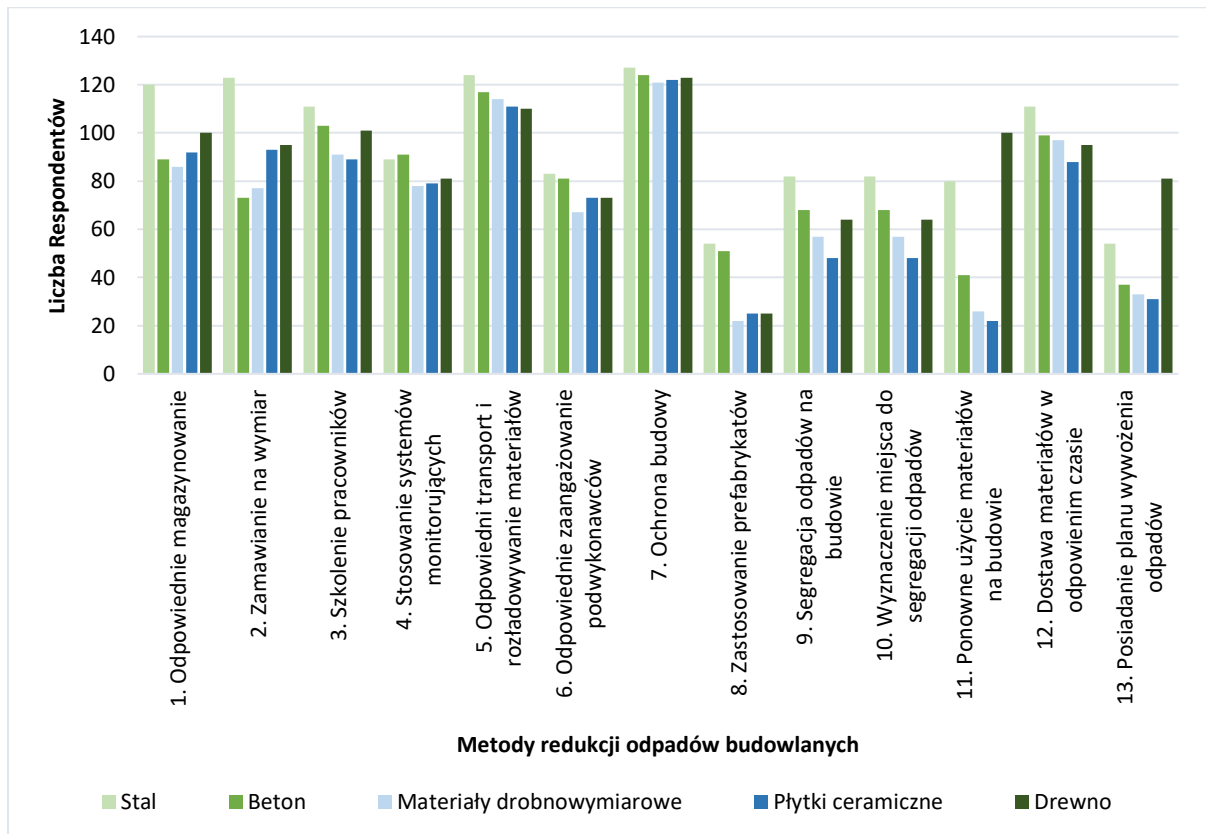
Tabela 6.1. Zastosowanie metod redukcji odpadów budowlanych.

Nr	Metody redukcji ilości odpadów budowlanych	Odpowiedź Respondenta	Stal	Beton*	Wyroby drobno wymiarowe np. cegły	Płytki ceramiczne i kamienne	Drewno
1	Odpowiednie magazynowanie.	Tak	120	89	86	92	100
		Nie	20	51	54	48	40
2	Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości.	Tak	123	73	77	93	95
		Nie	17	67	63	47	45
3	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami.	Tak	111	103	91	89	101
		Nie	29	37	49	51	39
4	Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych.	Tak	89	91	78	79	81
		Nie	51	49	62	61	59
5	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów.	Tak	124	117	114	111	110
		Nie	16	23	26	29	30
6	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców.	Tak	83	81	67	73	73
		Nie	57	59	73	67	67
7	Ochrona budowy.	Tak	127	124	121	122	123
		Nie	13	16	19	18	17
8	Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych.	Tak	54	51	22	25	25
		Nie	86	89	118	115	115
9	Segregacja odpadów na budowie.	Tak	82	68	57	48	64
		Nie	58	72	83	92	76
10	Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów.	Tak	82	68	57	48	64
		Nie	58	72	83	92	76
11	Ponowne użycie wyrobów na budowie.	Tak	80	41	26	22	100
		Nie	60	99	114	118	40
12		Tak	111	99	97	88	95

	Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	Nie	29	41	43	52	45
13	Posiadanie planu wywożenia odpadów.	Tak	54	37	33	31	81
		Nie	86	103	107	109	59

*wliczając mieszankę betonową i elementy betonowe prefabrykowane.

Na rysunku 6.1. przedstawiono wykres ilustrujący liczbę pozytywnych odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do metod redukcji odpadów i badanych grup wyrobów budowlanych.



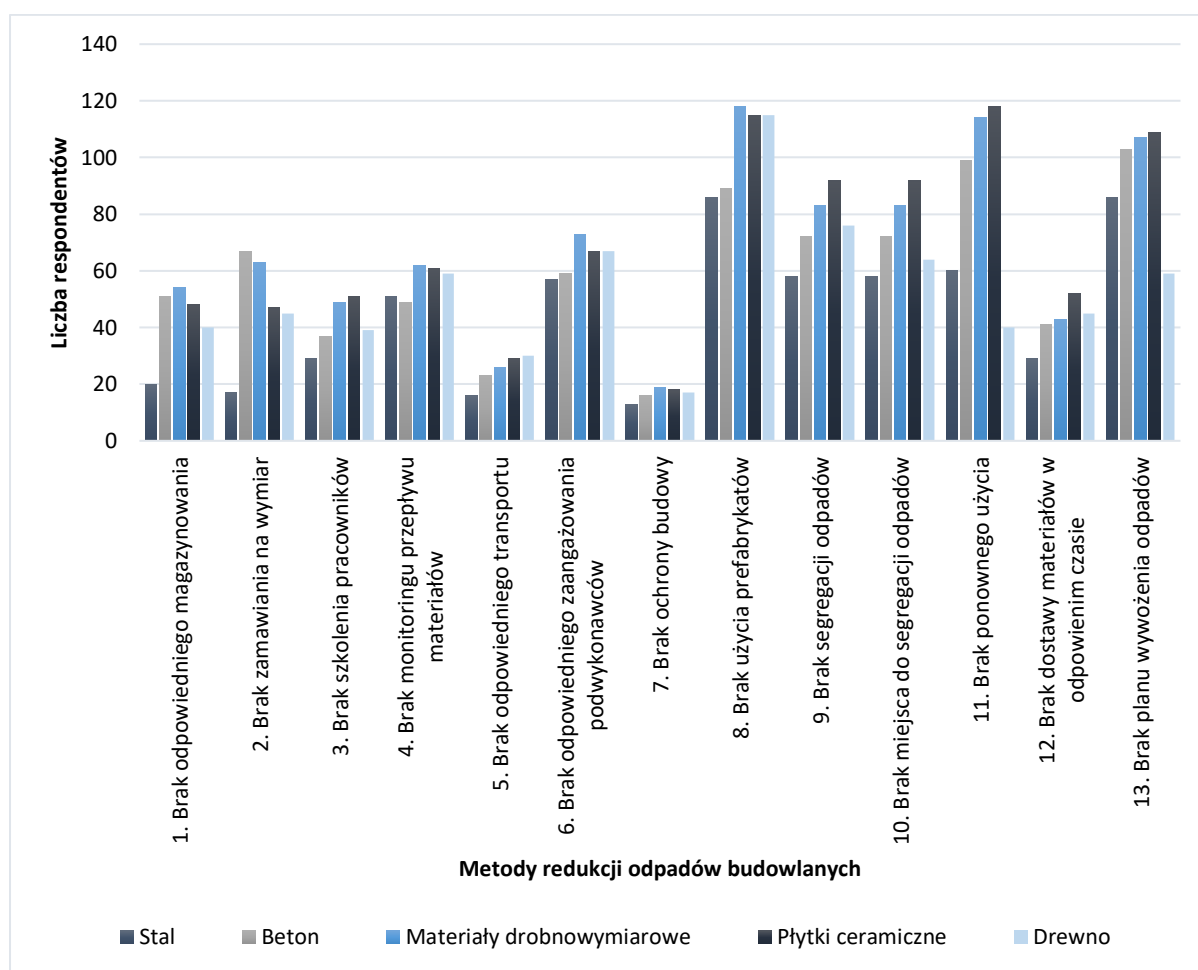
Rys. 6.1. Liczba pozytywnych odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do metod redukcji odpadów i badanych grup wyrobów budowlanych (dane źródłowe w tabeli 6.1).

Z tabeli 6.1 oraz rysunku 6.1 wynika, że najczęściej, metody redukujące odpady stosowano dla wyrobów stalowych i drewnianych. Najczęściej stosowanymi metodami redukcji odpadów w odniesieniu do wyrobów stalowych są: odpowiednie magazynowanie (86% przedsiębiorstw), zamawianie wyrobów na wymiar (88% przedsiębiorstw), szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami (79% przedsiębiorstw), odpowiedni transport i rozładowywanie (88% przedsiębiorstw), ochrona budowy i dostawa wyrobów w odpowiednim czasie na budowę (91% przedsiębiorstw). Z kolei, do najczęściej stosowanych metod redukcji odpadów dla wyrobów drewnianych należą: odpowiednie magazynowanie (71% przedsiębiorstw), szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami (72%

przedsiębiorstw), odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów (78% przedsiębiorstw), ochrona budowy i ponowne użycie wyrobów na budowie (88% przedsiębiorstw).

Najczęściej wskazywaną przez Respondentów metodą redukcji odpadów w odniesieniu do wszystkich analizowanych wyrobów budowlanych była „Ochrona budowy” (dla stali – 90%, dla betonu – 88%, dla wyrobów drobnowymiarowych – 86%, dla płytek ceramicznych i kamiennych – 87%, dla drewna – 87%) i „Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów” (dla stali – 88%, dla betonu – 83% dla wyrobów drobnowymiarowych – 81% dla płytek ceramicznych i kamiennych – 79% dla drewna – 78%). Stosowanie metody „Ochrona budowy” redukcji odpadów wynika prawdopodobnie z faktu, że pracownicy fizyczni tymczasowo są zakwaterowywani na placu budowy i sami stanowią ochronę. Częste stosowanie metody „Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów” najprawdopodobniej jest spowodowane faktem, że to producent wyrobów budowlanych jest odpowiedzialny za ich dostarczenie na budowę w odpowiednim stanie i jakości. Natomiast stosowanie metod redukcji odpadów dla wyrobów stalowych i drewnianych, wynika prawdopodobnie z wartości tych wyrobów.

Na rysunku 6.2. przedstawiono wykres ilustrujący liczbę negatywnych odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do metod redukcji odpadów i badanych wyrobów budowlanych.



Rys. 6.2. Liczba negatywnych odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do metod redukcji odpadów i badanych grup wyrobów budowlanych (dane źródłowe w tabeli 6.1)

Z tabeli 6.1 oraz rysunku 6.2 wynika, że najczęściej, metody redukcji odpadów nie były stosowane dla wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz dla betonu. Prawdopodobnym powodem braku redukcji odpadów z powyższych wyrobów jest ich rozmiar. Wyżej wymienione wyroby są małe, a odpady z tych wyrobów mają jeszcze bardziej zredukowany rozmiar przez co trudno je dalej wykorzystać.

6.2. Metodyka identyfikacji metod redukcji odpadów budowlanych w zależności od wielkości przedsiębiorstwa

Przedmiotem badania jest określenie zależności między metodą redukcji odpadów budowlanych w odniesieniu do danego wyrobu budowlanego a wielkością przedsiębiorstwa budowlanego. W tym celu:

- Zakwalifikowano odpowiedzi Respondentów dotyczące stosowanych metod redukcji odpadów w odniesieniu do poszczególnych wyrobów budowlanych, do pięciu grup. Każda z tych grup reprezentowała określoną wielkość przedsiębiorstwa. W każdej grupie określono liczbę odpowiedzi pozytywnych (TAK) potwierdzających stosowanie metody oraz liczbę odpowiedzi negatywnych (NIE) niepotwierdzających stosowania metody w odniesieniu do pięciu grup wyrobów.
- Określono częstości stosowania poszczególnych metod w analizowanych grupach wyrobów. Przyjęto następującą podstawę klasyfikacji poszczególnych metod:
 - ✓ stosowana jest bardzo często, gdy liczba odpowiedzi TAK jest ≥ 100 , (71% przedsiębiorstw),
 - ✓ stosowana jest często, gdy liczba odpowiedzi TAK zawiera się w przedziale 60 - 99, (42-71% przedsiębiorstw),
 - ✓ stosowana jest rzadko, gdy liczba odpowiedzi TAK zawiera się w przedziale 0 - 59, (mniej niż 42% przedsiębiorstw).
- W celu zbadania czy istnieje zależność między metodą redukcji odpadów zastosowaną dla danego wyrobu budowlanego a wielkością przedsiębiorstwa, zastosowano test niezależności chi-kwadrat zwany także testem χ^2 Pearsona [Pearson, 1900]. Test ten stosuje się w celu zbadania związku pomiędzy dwoma zmiennymi nominalnymi X i Y . W prowadzonych badaniach, zmienną nominalną X stanowi wielkość przedsiębiorstwa, natomiast zmienną nominalną Y stanowi odpowiedź Tak/Nie.
- Test χ^2 Pearsona bazuje na porównaniu ze sobą wartości, które zostały uzyskane w badaniu (tzw. licznosci obserwowane bądź empiryczne), z wartościami teoretycznymi obliczonymi przy założeniu, że pomiędzy zmiennymi X i Y nie ma związku. Statystyka testu χ^2 ma postać wzoru (6.1):

(6.1)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

gdzie:

χ^2 – statystyka chi-kwadrat,

O_{ij} – licznosci obserwowane – pozyskane z ankiet,

E_{ij} – licznosci teoretyczne,

r – liczba poziomów zmiennej X ($X=5$) (liczba grup przedsiębiorstw)

c – liczba poziomów zmiennej Y ($Y=2$) (liczba możliwych odpowiedzi)

- W ramach każdej metody redukcji odpadów zbudowano 5 tabel kontyngencji (każda tabela sporządzona została dla jednego wybranego wyrobu budowlanego). W tabelach zamieszczono wyniki dla dwóch zmiennych X i Y . Komórki tabel zawierają wartości $O_{i,j}$ określające liczbę pozytywnych ($O_{1,j}$) i negatywnych ($O_{2,j}$) odpowiedzi w przedsiębiorstwach o określonej wielkości. Tabela 6.2. jest wzorcem tabel dla danych empirycznych.

Tabela 6.2. Wzór tabeli dla danych empirycznych

	$P(1-9)$	$P(20-49)$	$P(50-99)$	$P(100-249)$	$P(250 \text{ i więcej})$	$\sum_{j=1}^r O_{i,j}$
1 -tak	$O_{1,1}$	$O_{1,2}$	$O_{1,3}$	$O_{1,4}$	$O_{1,5}$	$\sum_{j=1}^5 O_{1,j}$
0 -nie	$O_{2,1}$	$O_{2,2}$	$O_{2,3}$	$O_{2,4}$	$O_{2,5}$	$\sum_{j=1}^5 O_{2,j}$
$\sum_{i=1}^c O_{i,j}$	$\sum_{i=1}^2 O_{i,1}$	$\sum_{i=1}^2 O_{i,2}$	$\sum_{i=1}^2 O_{i,3}$	$\sum_{i=1}^2 O_{i,4}$	$\sum_{i=1}^2 O_{i,5}$	$\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^2 O_{i,j}$

- Liczebności teoretyczne wyliczono wg następującego wzoru:

$$E_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^r O_{i,j} \sum_{j=1}^c O_{i,j}}{\sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^2 O_{i,j}}$$

Tabela 6.3. Przykład tabeli dla danych teoretycznych

	$P(1-9)$	$P(20-49)$	$P(50-99)$	$P(100-249)$	$P(250 \text{ i więcej})$
1 -tak	$E_{1,1}$	$E_{1,2}$	$E_{1,3}$	$E_{1,4}$	$E_{1,5}$
0 -nie	$E_{2,1}$	$E_{2,2}$	$E_{2,3}$	$E_{2,4}$	$E_{2,5}$

Obliczenia statystyki χ^2 wykonano przy użyciu programu komputerowego SPSS-26.

Sformułowano hipotezę zerową H_0 oraz hipotezę alternatywną H_1 :

H_0 : Zmienne X i Y są niezależne, jeżeli $p > \alpha$

H_1 : Zmienne X i Y nie są niezależne, jeżeli $p \leq \alpha$

p – oznacza prawdopodobieństwo (wartość p jest porównywana do wartości teoretycznej α).
 α – poziom istotności. Przyjęto $\alpha = 0,05$.

Statystyka χ^2 ma rozkład χ^2 o $(r-1) \cdot (c-1)$ stopniach swobody. W analizowanym przypadku liczba stopni swobody wynosi 4.

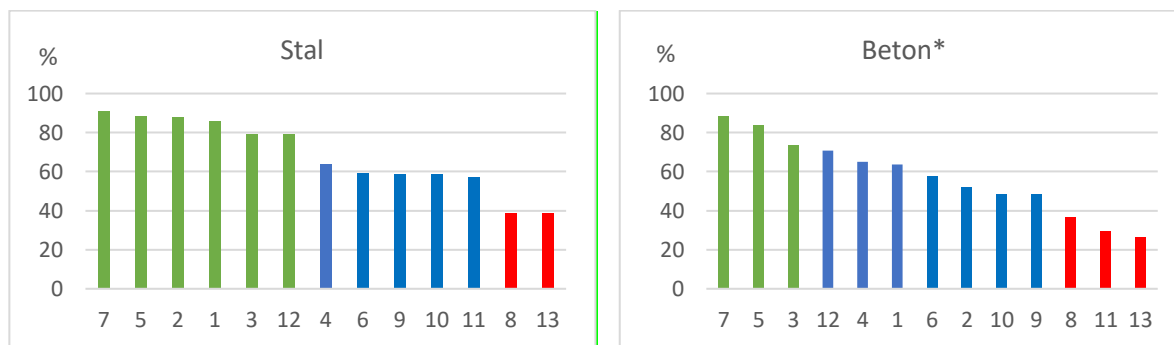
Wyznaczoną dla statystyki testowej χ^2 wartość p porównujemy z poziomem istotności α . W analizach przyjęto krytyczny poziom istotności $\alpha = 0,05$.

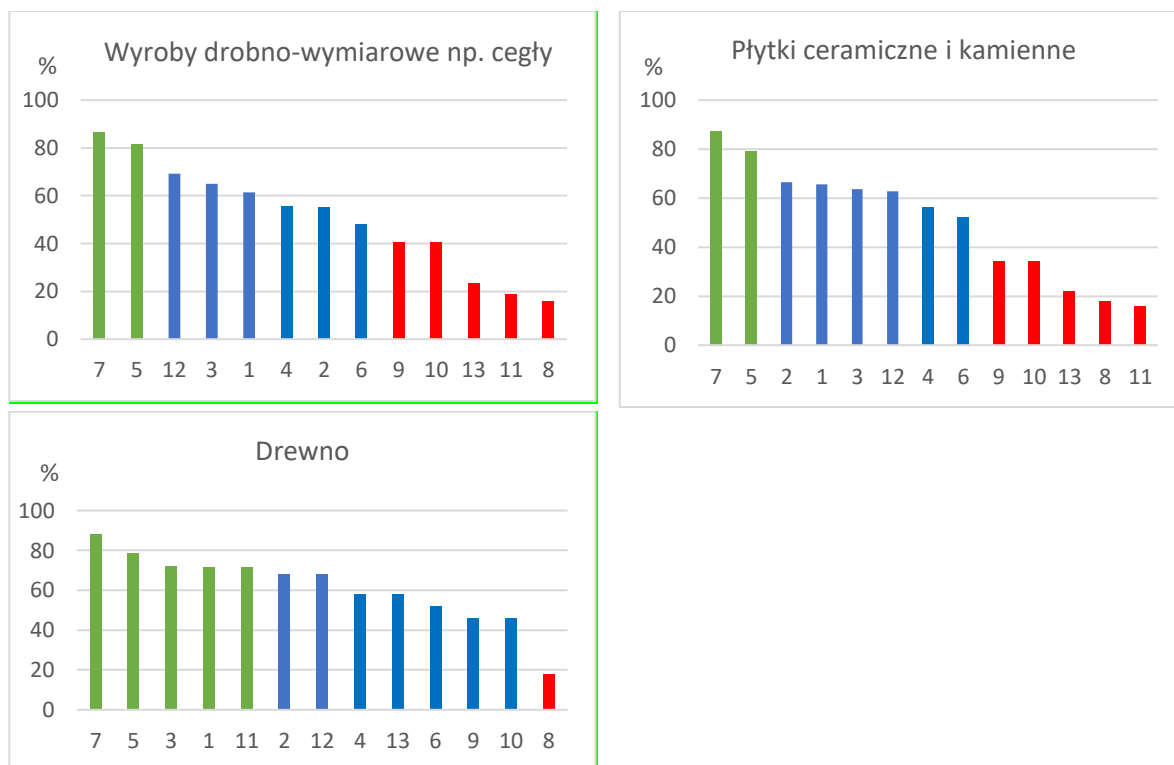
Jeżeli $p > \alpha \Rightarrow$ to przyjmujemy, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 . Oznacza to, że nie występuje istotna zależność między wielkością przedsiębiorstwa a zastosowaniem analizowanej metody redukcji odpadów budowlanych. Wynik jest nieistotny statystycznie.

Jeżeli $p \leq \alpha \Rightarrow$ to przyjmujemy, że są podstawy do odrzucenia hipotezy H_0 . Na podstawie badanej próby można przyjąć, że jest zależność między wielkością przedsiębiorstwa a zastosowaniem analizowanej metody redukcji odpadów budowlanych. Wynik jest istotny statystycznie.

6.3. Wyniki badań i ich analiza

Wszystkie obliczenia wykonano przy użyciu programu komputerowego SPSS-26. Analiza wyników zawartych w tabeli 6.1 wskazuje na znaczne zróżnicowanie odpowiedzi TAK/NIE, co świadczy o tym, że wyszczególnione metody stosowane są z różnym nasileniem w przedsiębiorstwach budowlanych. Na rysunku 6.3 zamieszczono wykresy ilustrujące, w każdej grupie wyrobów, częstotliwość stosowania poszczególnych metod redukcji odpadów, uszeregowane od maksimum do minimum. Kolorem zielonym zaznaczono metody bardzo często stosowane, niebieskim - często stosowane i czerwonym – rzadko stosowane.





Rys. 6.3. Rozkład częstości stosowania poszczególnych metod redukcji odpadów w odniesieniu do badanych grup wyrobów (*wliczając mieszankę betonową i elementy betonowe prefabrykowane).

W tabeli 6.4 przedstawiono klasyfikację metod redukcji odpadów pod kątem częstości stosowania w przedsiębiorstwach budowlanych dla badanych grup wyrobów.

Tabela 6.4. Klasyfikacja metod redukcji odpadów pod kątem częstości stosowania w przedsiębiorstwach budowlanych dla badanych grup wyrobów.

Wyrób budowlany	Twierdzące odpowiedzi Respondentów (TAK) dotyczące zastosowania metod redukcji odpadów		
	Bardzo często (≥ 100 przedsiębiorstw)	Często (60 – 99 przedsiębiorstw)	Rzadko (0 – 59 przedsiębiorstw)
Stal	(1) Odpowiednie magazynowanie (2) Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości. (3) Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami. (5) Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów. (7) Ochrona budowy. (12) Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	(4) Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych. (6) Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców (9) Segregacja odpadów na budowie. (10) Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów. (11) Ponowne użycie wyrobów na budowie.	(13) Posiadanie planu wywożenia odpadów. (8) Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych.

Beton	(3) Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami. (5) Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów. (7) Ochrona budowy.	(1) Odpowiednie magazynowanie. (2) Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości (4) Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów (6) Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców. (9) Segregacja odpadów na budowie (10) Wyznaczenie miejsca do segregacji (12) Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie	(8) Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych. (11) Ponowne użycie wyrobów na budowie. (13) Posiadanie planu wywożenia odpadów.
Wyroby drobno wymiarowe np. pustaki	(7) Ochrona budowy (5) Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów	(1) Odpowiednie magazynowanie. (2) Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości. (3) Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami. (4) Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów (6) Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców (12) Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	(8) Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych. (9) Segregacja odpadów na budowie. (10) Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów. (11) Ponowne użycie wyrobów na budowie. (13) Posiadanie planu wywożenia odpadów.
Płytki ceramiczne i kamienne	(5) Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów. (7) Ochrona budowy.	(1) Odpowiednie magazynowanie. (2) Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości (3) Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami. (4) Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów. (6) Prawidłowe zaangażowanie podwykonawców. (12) Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	(8) Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych (9) Segregacja odpadów na budowie. (10) Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów. (11) Ponowne użycie wyrobów na budowie. (13) Posiadanie planu wywożenia odpadów
Drewno	(1) Odpowiednie magazynowanie. (3) Szkolenie pracowników (5) Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów. (7) Ochrona budowy (11) Ponowne użycie wyrobów na budowie.	(2) Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości. (4) Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych. (6) Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców (9) Segregacja odpadów na budowie. (10) Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów. (12) Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie. (13) Posiadanie planu wywożenia odpadów	(8) Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych

W tabeli 6.5 zamieszczono, dla każdej metody redukcji odpadów budowlanych zastosowanej w odniesieniu do analizowanych wyrobów budowlanych, statystyki częstości oraz wskaźniki odsetkowe odpowiedzi TAK i NIE, a także wyliczone wartości testu χ^2 (4) i prawdopodobieństwa p . W kolorze niebieskim zaznaczono wyniki istotne statystycznie.

Tabela 6.5. Statystyki testu Chi-kwadrat i prawdopodobieństwa p zależności występowania metod redukcji odpadów budowlanych jakie stosują przedsiębiorstwa budowlane, od ich wielkości.

			Wielkość przedsiębiorstwa (liczba pracowników)										Razem		
			1 – 9		10 – 49		50 – 99		100 – 249		250 i więcej				
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Odpowiednie magazynowanie	stal	Tak	33	78,6	35	85,4	12	80,0	19	95,0	21	95,5	120	85,7	Chi2(4)=5,267; p=0,261
		Nie	9	21,4	6	14,6	3	20,0	1	5,0	1	4,5	20	14,3	
	beton	Tak	24	57,1	23	56,1	12	80,0	16	80,0	14	63,6	89	63,6	Chi2(4)=5,818; p=0,213
		Nie	18	42,9	18	43,9	3	20,0	4	20,0	8	36,4	51	36,4	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	20	47,6	24	58,5	8	53,3	16	80,0	18	81,8	86	61,4	Chi2(4)=10,711; p=0,03
		Nie	22	52,4	17	41,5	7	46,7	4	20,0	4	18,2	54	38,6	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	23	54,8	25	61,0	8	53,3	18	90,0	18	81,8	92	65,7	Chi2(4)=11,433; p=0,022
		Nie	19	45,2	16	39,0	7	46,7	2	10,0	4	18,2	48	34,3	
	drewno	Tak	25	59,5	27	65,9	10	66,7	18	90,0	20	90,9	100	71,4	Chi2(4)=11,179; p=0,025
Nie		17	40,5	14	34,1	5	33,3	2	10,0	2	9,1	40	28,6		
Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości.	stal	Tak	38	90,5	33	80,5	14	93,3	18	90,0	20	90,9	123	87,9	Chi2(4)=3,057; p=0,548
		Nie	4	9,5	8	19,5	1	6,7	2	10,0	2	9,1	17	12,1	
	beton	Tak	27	64,3	15	36,6	10	66,7	9	45,0	12	54,5	73	52,1	Chi2(4)=8,186; p=0,085
		Nie	15	35,7	26	63,4	5	33,3	11	55,0	10	45,5	67	47,9	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	23	54,8	19	46,3	10	66,7	10	50,0	15	68,2	77	55,0	Chi2(4)=3,814; p=0,432
		Nie	19	45,2	22	53,7	5	33,3	10	50,0	7	31,8	63	45,0	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	28	66,7	26	63,4	12	80,0	11	55,0	16	72,7	93	66,4	Chi2(4)=2,97; p=0,563
		Nie	14	33,3	15	36,6	3	20,0	9	45,0	6	27,3	47	33,6	
	drewno	Tak	32	76,2	23	56,1	12	80,0	11	55,0	17	77,3	95	67,9	Chi2(4)=7,361; p=0,118
Nie		10	23,8	18	43,9	3	20,0	9	45,0	5	22,7	45	32,1		
Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami	stal	Tak	32	76,2	33	80,5	11	73,3	19	95,0	16	72,7	111	79,3	Chi2(4)=4,188; p=0,381
		Nie	10	23,8	8	19,5	4	26,7	1	5,0	6	27,3	29	20,7	
	beton	Tak	29	69,0	30	73,2	12	80,0	18	90,0	14	63,6	103	73,6	Chi2(4)=4,657; p=0,324
		Nie	13	31,0	11	26,8	3	20,0	2	10,0	8	36,4	37	26,4	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	24	57,1	26	63,4	9	60,0	19	95,0	13	59,1	91	65,0	Chi2(4)=9,60; p=0,048
		Nie	18	42,9	15	36,6	6	40,0	1	5,0	9	40,9	49	35,0	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	24	57,1	24	58,5	9	60,0	18	90,0	14	63,6	89	63,6	Chi2(4)=7,313; p=0,12
		Nie	18	42,9	17	41,5	6	40,0	2	10,0	8	36,4	51	36,4	
	drewno	Tak	29	69,0	28	68,3	12	80,0	19	95,0	13	59,1	101	72,1	Chi2(4)=8,028; p=0,091
Nie		13	31,0	13	31,7	3	20,0	1	5,0	9	40,9	39	27,9		
Stosowanie systemów monitorujących.	stal	Tak	24	57,1	19	46,3	11	73,3	17	85,0	18	81,8	89	63,6	Chi2(4)=13,751; p=0,008
		Nie	18	42,9	22	53,7	4	26,7	3	15,0	4	18,2	51	36,4	
	beton	Tak	24	57,1	21	51,2	11	73,3	17	85,0	18	81,8	91	65,0	Chi2(4)=11,272; p=0,024
		Nie	18	42,9	20	48,8	4	26,7	3	15,0	4	18,2	49	35,0	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	19	45,2	18	43,9	8	53,3	17	85,0	16	72,7	78	55,7	Chi2(4)=13,754; p=0,008
		Nie	23	54,8	23	56,1	7	46,7	3	15,0	6	27,3	62	44,3	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	18	42,9	18	43,9	9	60,0	17	85,0	17	77,3	79	56,4	Chi2(4)=16,369; p=0,003
		Nie	24	57,1	23	56,1	6	40,0	3	15,0	5	22,7	61	43,6	
	drewno	Tak	22	52,4	16	39,0	10	66,7	17	85,0	16	72,7	81	57,9	
Nie															

		Nie	20	47,6	25	61,0	5	33,3	3	15,0	6	27,3	59	42,1	Chi2(4)=14,996; p=0,005
Odpowiedni transport i rozładowywanie wytrobów	stal	Tak	39	92,9	33	80,5	12	80,0	20	100,0	20	90,9	124	88,6	Chi2(4)=7,197; p=0,126
		Nie	3	7,1	8	19,5	3	20,0	0	0,0	2	9,1	16	11,4	
	beton	Tak	37	88,1	30	73,2	12	80,0	19	95,0	19	86,4	117	83,6	Chi2(4)=6,023; p=0,197
		Nie	5	11,9	11	26,8	3	20,0	1	5,0	3	13,6	23	16,4	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	34	81,0	31	75,6	9	60,0	19	95,0	21	95,5	114	81,4	Chi2(4)=10,777; p=0,029
		Nie	8	19,0	10	24,4	6	40,0	1	5,0	1	4,5	26	18,6	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	31	73,8	33	80,5	9	60,0	17	85,0	21	95,5	111	79,3	Chi2(4)=8,1; p=0,088
		Nie	11	26,2	8	19,5	6	40,0	3	15,0	1	4,5	29	20,7	
	drewno	Tak	35	83,3	28	68,3	11	73,3	18	90,0	18	81,8	110	78,6	Chi2(4)=5,072; p=0,28
		Nie	7	16,7	13	31,7	4	26,7	2	10,0	4	18,2	30	21,4	
Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców	stal	Tak	20	47,6	20	48,8	11	73,3	16	80,0	16	72,7	83	59,3	Chi2(4)=10,671; p=0,031
		Nie	22	52,4	21	51,2	4	26,7	4	20,0	6	27,3	57	40,7	
	beton	Tak	21	50,0	20	48,8	10	66,7	12	60,0	18	81,8	81	57,9	Chi2(4)=8,144; p=0,086
		Nie	21	50,0	21	51,2	5	33,3	8	40,0	4	18,2	59	42,1	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	11	26,2	18	43,9	9	60,0	12	60,0	17	77,3	67	47,9	Chi2(4)=17,855; p=0,001
		Nie	31	73,8	23	56,1	6	40,0	8	40,0	5	22,7	73	52,1	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	16	38,1	21	51,2	8	53,3	11	55,0	17	77,3	73	52,1	Chi2(4)=8,977; p=0,062
		Nie	26	61,9	20	48,8	7	46,7	9	45,0	5	22,7	67	47,9	
	drewno	Tak	17	40,5	17	41,5	10	66,7	12	60,0	17	77,3	73	52,1	Chi2(4)=11,495; p=0,022
		Nie	25	59,5	24	58,5	5	33,3	8	40,0	5	22,7	67	47,9	
Ochrona budowy	stal	Tak	37	88,1	36	87,8	14	93,3	19	95,0	21	95,5	127	90,7	Chi2(4)=1,899; p=0,754
		Nie	5	11,9	5	12,2	1	6,7	1	5,0	1	4,5	13	9,3	
	beton	Tak	37	88,1	34	82,9	13	86,7	19	95,0	21	95,5	124	88,6	Chi2(4)=3,2; p=0,525
		Nie	5	11,9	7	17,1	2	13,3	1	5,0	1	4,5	16	11,4	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	36	85,7	33	80,5	11	73,3	20	100,0	21	95,5	121	86,4	Chi2(4)=8,113; p=0,088
		Nie	6	14,3	8	19,5	4	26,7	0	0,0	1	4,5	19	13,6	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	36	85,7	34	82,9	12	80,0	19	95,0	21	95,5	122	87,1	Chi2(4)=3,869; p=0,424
		Nie	6	14,3	7	17,1	3	20,0	1	5,0	1	4,5	18	12,9	
	drewno	Tak	35	83,3	34	82,9	14	93,3	19	95,0	21	95,5	123	87,9	Chi2(4)=4,308; p=0,366
		Nie	7	16,7	7	17,1	1	6,7	1	5,0	1	4,5	17	12,1	
Zastosowanie elementów prefabrykowanych.	stal	Tak	7	16,7	22	53,7	7	46,7	9	45,0	9	40,9	54	38,6	Chi2(4)=13,259; p=0,01
		Nie	35	83,3	19	46,3	8	53,3	11	55,0	13	59,1	86	61,4	
	beton	Tak	10	23,8	18	43,9	7	46,7	6	30,0	10	45,5	51	36,4	Chi2(4)=5,687; p=0,224
		Nie	32	76,2	23	56,1	8	53,3	14	70,0	12	54,5	89	63,6	
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	1	2,4	6	14,6	3	20,0	7	35,0	5	22,7	22	15,7	Chi2(4)=12,315; p=0,015
		Nie	41	97,6	35	85,4	12	80,0	13	65,0	17	77,3	118	84,3	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	4	9,5	6	14,6	2	13,3	7	35,0	6	27,3	25	17,9	Chi2(4)=7,825; p=0,098
		Nie	38	90,5	35	85,4	13	86,7	13	65,0	16	72,7	115	82,1	
	drewno	Tak	5	11,9	8	19,5	2	13,3	4	20,0	6	27,3	25	17,9	Chi2(4)=2,693; p=0,611
		Nie	37	88,1	33	80,5	13	86,7	16	80,0	16	72,7	115	82,1	
Segregacja odpadów na budowie	stal	Tak	20	47,6	24	58,5	9	60,0	15	75,0	14	63,6	82	58,6	Chi2(4)=4,546; p=0,337
		Nie	22	52,4	17	41,5	6	40,0	5	25,0	8	36,4	58	41,4	
	beton	Tak	17	40,5	21	51,2	8	53,3	11	55,0	11	50,0	68	48,6	Chi2(4)=1,702; p=0,79
		Nie	25	59,5	20	48,8	7	46,7	9	45,0	11	50,0	72	51,4	
		Tak	13	31,0	18	43,9	6	40,0	11	55,0	9	40,9	57	40,7	

	wyroby drobno wymiarowe	Nie	29	69,0	23	56,1	9	60,0	9	45,0	13	59,1	83	59,3	Chi2(4)=3,525; p=0,474	
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	11	26,2	15	36,6	5	33,3	9	45,0	8	36,4	48	34,3	Chi2(4)=2,385; p=0,665	
		Nie	31	73,8	26	63,4	10	66,7	11	55,0	14	63,6	92	65,7		
	drewno	Tak	15	35,7	21	51,2	7	46,7	13	65,0	8	36,4	64	45,7	Chi2(4)=5,971; p=0,201	
		Nie	27	64,3	20	48,8	8	53,3	7	35,0	14	63,6	76	54,3		
Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów	stal	Tak	21	50,0	22	53,7	10	66,7	15	75,0	12	54,5	80	57,1	Chi2(4)=4,299; p=0,367	
		Nie	21	50,0	19	46,3	5	33,3	5	25,0	10	45,5	60	42,9		
	beton	Tak	14	33,3	12	29,3	3	20,0	6	30,0	6	27,3	41	29,3	Chi2(4)=1,005; p=0,909	
		Nie	28	66,7	29	70,7	12	80,0	14	70,0	16	72,7	99	70,7		
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	5	11,9	7	17,1	3	20,0	5	25,0	6	27,3	26	18,6	Chi2(4)=2,963; p=0,564	
		Nie	37	88,1	34	82,9	12	80,0	15	75,0	16	72,7	114	81,4		
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	5	11,9	6	14,6	2	13,3	4	20,0	5	22,7	22	15,7	Chi2(4)=1,655; p=0,799	
		Nie	37	88,1	35	85,4	13	86,7	16	80,0	17	77,3	118	84,3		
	drewno	Tak	31	73,8	30	73,2	10	66,7	13	65,0	16	72,7	100	71,4	Chi2(4)=0,767; p=0,943	
		Nie	11	26,2	11	26,8	5	33,3	7	35,0	6	27,3	40	28,6		
	Ponowne użycie wyrobów na budowie	stal	Tak	36	85,7	30	73,2	9	60,0	18	90,0	18	81,8	111	79,3	Chi2(4)=6,871; p=0,143
			Nie	6	14,3	11	26,8	6	40,0	2	10,0	4	18,2	29	20,7	
beton		Tak	34	81,0	25	61,0	9	60,0	18	90,0	13	59,1	99	70,7	Chi2(4)=9,862; p=0,043	
		Nie	8	19,0	16	39,0	6	40,0	2	10,0	9	40,9	41	29,3		
wyroby drobno wymiarowe		Tak	33	78,6	21	51,2	9	60,0	19	95,0	15	68,2	97	69,3	Chi2(4)=14,825; p=0,005	
		Nie	9	21,4	20	48,8	6	40,0	1	5,0	7	31,8	43	30,7		
płytki ceramiczne i kamienne		Tak	30	71,4	19	46,3	10	66,7	17	85,0	12	54,5	88	62,9	Chi2(4)=11,056; p=0,026	
		Nie	12	28,6	22	53,7	5	33,3	3	15,0	10	45,5	52	37,1		
drewno		Tak	34	81,0	20	48,8	10	66,7	17	85,0	14	63,6	95	67,9	Chi2(4)=13,027; p=0,011	
		Nie	8	19,0	21	51,2	5	33,3	3	15,0	8	36,4	45	32,1		
Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie	stal	Tak	11	26,2	15	36,6	8	53,3	10	50,0	10	45,5	54	38,6	Chi2(4)=5,707; p=0,222	
		Nie	31	73,8	26	63,4	7	46,7	10	50,0	12	54,5	86	61,4		
	beton	Tak	9	21,4	11	26,8	4	26,7	5	25,0	8	36,4	37	26,4	Chi2(4)=1,682; p=0,794	
		Nie	33	78,6	30	73,2	11	73,3	15	75,0	14	63,6	103	73,6		
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	7	16,7	9	22,0	4	26,7	4	20,0	9	40,9	33	23,6	Chi2(4)=5,063; p=0,281	
		Nie	35	83,3	32	78,0	11	73,3	16	80,0	13	59,1	107	76,4		
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	7	16,7	9	22,0	4	26,7	3	15,0	8	36,4	31	22,1	Chi2(4)=4,082; p=0,395	
		Nie	35	83,3	32	78,0	11	73,3	17	85,0	14	63,6	109	77,9		
	drewno	Tak	21	50,0	25	61,0	9	60,0	11	55,0	15	68,2	81	57,9	Chi2(4)=2,284; p=0,684	
		Nie	21	50,0	16	39,0	6	40,0	9	45,0	7	31,8	59	42,1		
Posiadanie planu wywożenia odpadów.	stal	Tak	14	33,3	13	31,7	8	53,3	9	45,0	12	54,5	56	40,0	Chi2(4)=5,211; p=0,266	
		Nie	28	66,7	28	68,3	7	46,7	11	55,0	10	45,5	84	60,0		
	beton	Tak	14	33,3	15	36,6	8	53,3	8	40,0	10	45,5	55	39,3	Chi2(4)=2,346; p=0,672	
		Nie	28	66,7	26	63,4	7	46,7	12	60,0	12	54,5	85	60,7		
	wyroby drobno wymiarowe	Tak	12	28,6	15	36,6	7	46,7	8	40,0	10	45,5	52	37,1	Chi2(4)=2,631; p=0,621	
		Nie	30	71,4	26	63,4	8	53,3	12	60,0	12	54,5	88	62,9		
	płytki ceramiczne i kamienne	Tak	13	31,0	13	31,7	7	46,7	7	35,0	9	40,9	49	35,0	Chi2(4)=1,733; p=0,785	
		Nie	29	69,0	28	68,3	8	53,3	13	65,0	13	59,1	91	65,0		
drewno	Tak	14	33,3	13	31,7	7	46,7	8	40,0	11	50,0	53	37,9	Chi2(4)=2,937; p=0,568		
	Nie	28	66,7	28	68,3	8	53,3	12	60,0	11	50,0	87	62,1			

Analiza wyników obliczeń zamieszczonych w tabeli 6.5 pozwoliła określić, z dużym prawdopodobieństwem, zależność między zastosowaniem danej metody a wielkością przedsiębiorstwa. Szczegółowe wyniki tej analizy zamieszczono w Załączniku B. Podsumowanie wyników badań zaprezentowano w tabeli 6.6.

Tabela 6.6. Podsumowanie wyników badań dotyczących metod redukcji odpadów budowlanych stosowanych przez przedsiębiorstwa budowlane

Lp.	Metoda redukcji odpadów budowlanych	Podsumowanie wyników badań*
1	Odpowiednie magazynowanie	Istnieje istotna statystycznie zależność między wielkością przedsiębiorstwa a odpowiednim magazynowaniem materiałów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna. We wszystkich tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między odpowiednim magazynowaniem stali i betonu a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
2	Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości	Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między wielkością przedsiębiorstwa a zamawianiem wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
3	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami	Istnieje istotna statystycznie zależność między wielkością przedsiębiorstwa a szkoleniem pracowników w zakresie zarządzania odpadami drobnowymiarowych. We wszystkich tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między szkoleniem pracowników w zakresie zarządzania odpadami ze stali, betonu, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
4	Stosowanie systemów monitorujących	Występuje istotna statystycznie zależność między stosowaniem systemów monitorujących przepływ wyrobów na budowie a wielkością przedsiębiorstwa. Dla wszystkich analizowanych grup wyrobów budowlanych statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$.
5	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów budowlanych	Istnieje istotna statystycznie zależność między odpowiednim transportem i rozładowywaniem wyrobów budowlanych drobnowymiarowych a wielkością przedsiębiorstwa. W przypadku wyrobów drobnowymiarowych statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między wielkością przedsiębiorstwa a odpowiednim transportem i rozładowywaniem dla wyrobów: stalowych, betonowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych. W tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.

6	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców	Stwierdzono występowanie istotnej statystycznie zależności między odpowiednim zaangażowaniem podwykonawców a wielkością przedsiębiorstwa, dla wyrobów stalowych, drobnowymiarowych i drewna. Dla tych wyrobów statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznej zależności między odpowiednim zaangażowaniem podwykonawców a wielkością przedsiębiorstwa dla wyrobów betonowych oraz wyrobów z płytek ceramicznych i kamiennych. W tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
7	Ochrona budowy	Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między ochroną budowy a wielkością przedsiębiorstwa dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach wartość statystyki $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
8	Zastosowanie elementów prefabrykowanych	Istnieje istotna statystycznie zależność między wielkością przedsiębiorstwa a użyciem elementów prefabrykowanych dla wyrobów stalowych i drobnowymiarowych. We wszystkich tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między użyciem elementów prefabrykowanych z betonu, z płytek ceramicznych i kamiennych oraz z drewna a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
9	Segregacja odpadów na budowie	Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznej zależności między wielkością przedsiębiorstwa a zastosowaniem segregacji odpadów na budowie dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach wartość statystyki $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
10	Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów na budowie	Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznej zależności między wielkością przedsiębiorstwa a wyznaczeniem miejsca do segregacji odpadów na budowie dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach wartość statystyki $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
11	Ponowne użycie wyrobów budowlanych	Istnieje istotna statystycznie zależność między wielkością przedsiębiorstwa a ponownym użyciem wyrobów betonowych, drobnowymiarowych, z płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych. We wszystkich tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) > 9.487$ oraz $p < 0,05$. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między ponownym użyciem wyrobów stalowych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
12	Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie	Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznej zależności między wielkością przedsiębiorstwa a dostawą wyrobów w odpowiednim czasie dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach wartość statystyki $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.
13	Posiadanie planu wywożenia odpadów	Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznej zależności między wielkością przedsiębiorstwa a posiadaniem planu wywożenia odpadów dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach wartość statystyki $Chi-2(4) < 9.487$ oraz $p > 0,05$.

*Szczegółowe wyniki badań zawarte są w Załączniku B.

W tabeli 6.7. wyszczególniono wyroby budowlane, dla których stwierdzono występowanie istotnej statystycznie zależności między metodą redukcji odpadów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa. Ponadto, dla każdego wyrobu budowlanego, określono siłę tej zależności (*PW*). Przyjęto jako miernik tej siły, częstość odpowiedzi twierdzącej (TAK) wskazanej przez ankietowanych Respondentów. Przyjęto następujące oznaczenia:

PW = 1 gdy częstość jest $\leq 60\%$,

PW = 2 gdy częstość jest w przedziale (61% - 75%)

PW = 3 gdy częstość jest w przedziale (76% - 100%)

Tabela 6.7. Wyroby budowlane, dla których stwierdzono występowanie istotnej statystycznie zależności między metodą redukcji odpadów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa budowlanego

Numer metody	Wyrób budowlany	Metoda redukcji odpadów budowlanych	Wielkość przedsiębiorstwa (liczba pracowników)				
			1 - 9	10 - 49	50 - 99	100 - 249	250 i więcej
1	stal	Odpowiednie magazynowanie	-	-	-	-	-
	beton		-	-	-	-	-
	wyroby drobnowymiarowe		1	1	1	3	3
	płytki ceramiczne i kamienne		1	2	1	3	3
	drewno		1	2	2	3	3
2	stal	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami	-	-	-	-	-
	beton		-	-	-	-	-
	wyroby drobnowymiarowe		1	2	1	3	3
	płytki ceramiczne i kamienne		-	-	-	-	-
	drewno		-	-	-	-	-
3	stal	Stosowanie systemów monitorujących.	1	1	2	3	3
	beton		1	1	2	3	3
	wyroby drobnowymiarowe		1	1	1	3	2
	płytki ceramiczne i kamienne		1	1	1	3	3
	drewno		1	1	2	3	2
4	stal	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów	-	-	-	-	-
	beton		-	-	-	-	-
	wyroby drobnowymiarowe		3	2	1	3	3
	płytki ceramiczne i kamienne		-	-	-	-	-
	drewno		-	-	-	-	-
5	stal	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców	1	1	2	3	2
	beton		-	-	-	-	-
	wyroby drobnowymiarowe		1	1	1	1	3
	płytki ceramiczne i kamienne		-	-	-	-	-
	drewno		1	1	2	1	3
6	stal	Zastosowanie elementów prefabrykowanych.	1	1	1	1	1
	beton		-	-	-	-	-
	wyroby drobnowymiarowe		1	1	1	1	1

	płytki ceramiczne i kamienne		-	-	-	-	-
	drewno		-	-	-	-	-
7	stal	Ponowne użycie wyrobów na budowie	-	-	-	-	-
	beton		3	2	1	3	1
	wyroby drobnowymiarowe		3	1	1	3	2
	płytki ceramiczne i kamienne		2	1	2	3	1
	drewno		3	1	2	3	2

6.4. Wnioski

Klasyfikacja metod redukcji odpadów pod względem częstości ich stosowania, w odniesieniu do pięciu grup wyrobów budowlanych, pozwoliła stwierdzić, jak często poszczególne metody są stosowane w przedsiębiorstwach budowlanych. Można zauważyć, że większa uwaga skupiona jest na wyrobach konstrukcyjnych jak beton, stal oraz drewno, a mniejsza na wyrobach drobnowymiarowych i wykończeniowych. Jest to widoczne w liczbie i rodzaju stosowanych metod redukcji odpadów oraz ich częstości.

Spośród 13 analizowanych metod redukcji odpadów, w grupach wyrobów: stal, beton, drewno, bardzo często, bo w ponad 71% przedsiębiorstwach stosowane są takie metody jak: (7) ochrona budowy, (5) odpowiedni transport i rozładunek, (3) szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, (10) prawidłowe magazynowanie oraz (12) dostawa wyrobów w odpowiednim czasie. W tych grupach wyrobów, często, bo od 42% do 71% przedsiębiorstw, stosuje się następujące metody redukcji: (4) stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów, (6) odpowiednie zaangażowanie podwykonawców, (9) segregacja odpadów na budowie, (10) wyznaczenie miejsca do segregacji. Natomiast rzadko, bo poniżej 42% przedsiębiorstw, wskazuje stosowanie (8) elementów prefabrykowanych. Takie metody jak: (1) prawidłowe magazynowanie, (2) zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości, (12) dostawa wyrobów w odpowiednim czasie, (11) ponowne użycie, (13) posiadanie planu wywożenia odpadów, stosowane są ze zmiennym nasileniem, wynikającym ze specyfiki wyrobu. Np. bardzo często stosowane jest (11) ponowne użycie wyrobu dla drewna, a dla betonu (obejmującego mieszankę betonową i elementy prefabrykowane) metoda (12) dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.

W przypadku wyrobów drobnowymiarowych obejmujących pustaki i cegły ceramiczne i betonowe oraz płytki okładzinowe ceramiczne i kamienne bardzo często stosowane są dwie metody, a mianowicie: (7) ochrona budowy i (5) odpowiedni transport i rozładowywanie. Często stosowane są: (10) prawidłowe magazynowanie, (2) zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości, (3) szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, (4) stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów, (6) odpowiednie zaangażowanie podwykonawców, (12) dostawa wyrobów w odpowiednim czasie. Natomiast rzadko stosowane są takie metody jak: (8) zastosowanie wyrobów prefabrykowanych, (9) segregacja odpadów na budowie, (10) wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów, (11) ponowne użycie wyrobów na budowie i (13) posiadanie planu wywożenia odpadów.

Zbadano, czy zachodzi zależność między stosowaniem wyszczególnionych trzynastu metod redukcji odpadów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa w odniesieniu do pięciu grup wyrobów budowlanych. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Wśród trzynastu analizowanych metod, stwierdzono istotną statystycznie zależność między wielkością przedsiębiorstwa a siedmioma metodami redukcji odpadów budowlanych. Należą do nich:

1. Odpowiednie magazynowanie,
2. Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami,
3. Stosowanie systemów monitorujących,
4. Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów,
5. Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców,
6. Zastosowanie elementów prefabrykowanych,
7. Ponowne użycie wyrobów na budowie.

Wraz ze wzrostem wielkości przedsiębiorstwa metody te są częściej stosowane.

2. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności między wielkością przedsiębiorstwa a następującymi metodami:

1. Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości,
2. Ochrona budowy,
3. Segregacja odpadów na budowie,
4. Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów na budowie,
5. Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie,
6. Posiadanie planu wywożenia odpadów (Uzasadnienie tabela 6.4).

Oznacza to, że stosowanie metody nie zależy od wielkości przedsiębiorstwa. Wpływ na stosowanie metody lub jej niestosowanie mogą mieć inne czynniki, np. behawioralne, badane w tej dysertacji.

3. W każdej grupie analizowanych metod redukcji odpadów zawarte są wyroby budowlane, dla których nie stwierdzono występowania istotnej statystycznie zależności między ich stosowaniem a wielkością przedsiębiorstwa. I tak nie stwierdzono takiej zależności w metodzie:

1. ‘Odpowiednie magazynowanie’ dla stali i betonu.
2. ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ dla stali, betonu i drewna.
3. ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ dla stali, betonu i drewna.
4. ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ dla betonu i płytek ceramicznych i kamiennych.
5. ‘Zastosowanie elementów prefabrykowanych’ dla betonu, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna.
6. ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ dla stali.

4. Stosowanie wyodrębnionych siedmiu metod redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach określonych wielkości przedstawia się następująco:

A. W przedsiębiorstwach zatrudniających 250 i więcej pracowników stosowane są następujące metody:

- Bardzo często ($PW=3$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych i drewna.
 - ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wyrobów stalowych, betonowych i płytek ceramicznych i kamiennych.
 - ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i drewna.
- Często ($PW=2$):
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i drewna.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów stalowych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i drewna.
- Rzadko ($PW=1$):
 - ‘Zastosowanie elementów prefabrykowanych’ w odniesieniu do wyrobów stalowych i drobnowymiarowych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych i płytek ceramicznych i kamiennych.

B. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 100 do 249 pracowników stosowane są następujące metody:

- Bardzo często ($PW=3$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych i drewna.
 - ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych.
 - ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów stalowych.

- ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych, drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych i drewna.
- Często ($PW=2$):
 - Nie zaobserwowano takich przypadków.
- Rzadko ($PW=1$):
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i drewna.
 - ‘Zastosowanie elementów prefabrykowanych’ w odniesieniu do wyrobów stalowych i drobnowymiarowych.

C. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 50 do 99 pracowników stosowane są następujące metody:

- Bardzo często ($PW=3$):
 - Nie zaobserwowano takich przypadków.
- Często ($PW=2$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów drewnianych.
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wyrobów stalowych, betonowych i drewnianych.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów stalowych i drewnianych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów z płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych.
- Rzadko ($PW=1$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i płytek ceramicznych i kamiennych.
 - ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i płytek ceramicznych i kamiennych.
 - ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Zastosowanie elementów prefabrykowanych’ w odniesieniu do wyrobów stalowych i drobnowymiarowych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych i drobnowymiarowych.

D. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 10 do 49 pracowników stosowane są następujące metody:

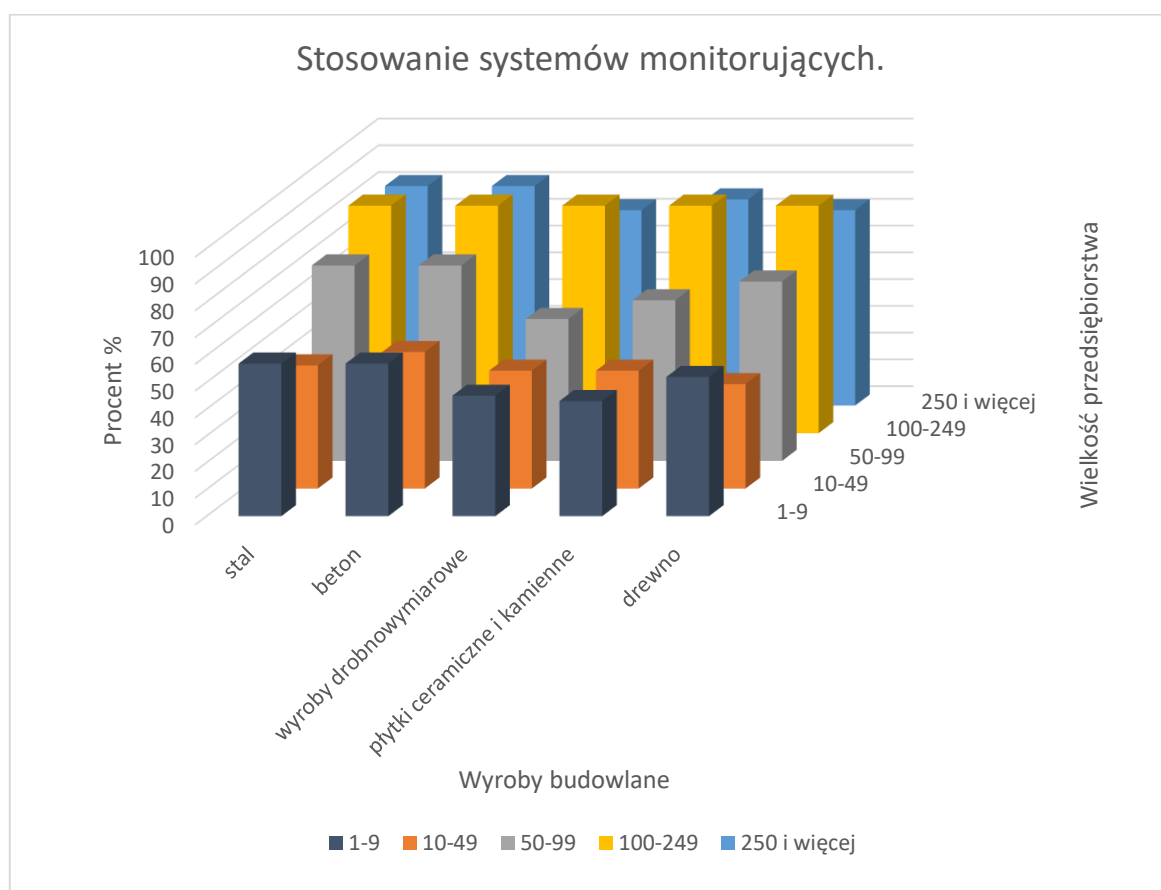
- Bardzo często ($PW=3$):
 - Nie zaobserwowano takich przypadków.

- Często ($PW=2$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów z płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych.
 - ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych.
- Rzadko ($PW=1$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów stalowych, drobnowymiarowych i drewnianych.
 - ‘Zastosowanie elementów prefabrykowanych’ w odniesieniu do wyrobów stalowych i drobnowymiarowych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych.

E. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 1 do 9 pracowników stosowane są następujące metody:

- Bardzo często ($PW=3$):
 - ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych, drobnowymiarowych i drewnianych.
- Często ($PW=2$):
 - ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów z płytek ceramicznych i kamiennych.
- Rzadko ($PW=1$):
 - ‘Odpowiednie magazynowanie’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych.
 - ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych.
 - ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w odniesieniu do wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych.
 - ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ w odniesieniu do wyrobów stalowych, drobnowymiarowych i drewnianych.
 - ‘Zastosowanie elementów prefabrykowanych’ w odniesieniu do wyrobów stalowych i drobnowymiarowych.

Podsumowując, wśród 13 badanych metod redukcji odpadów budowlanych, dla 7 wykazano istotną statystycznie zależność zastosowania tych metod od wielkości przedsiębiorstwa. Do tych metod należą: Odpowiednie magazynowanie, Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, Stosowanie systemów monitorujących, Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców, Zastosowanie elementów prefabrykowanych, Ponowne użycie wyrobów na budowie. Przykładowo na rysunku 6.4. przedstawiono wykres ilustrujący częstość stosowania systemów monitorujących w przedsiębiorstwach różnych wielkości. Z rysunku tego wynika, że dla pięciu badanych wyrobów budowlanych, częstość stosowania systemów monitorujących rośnie wraz z wielkością przedsiębiorstwa.

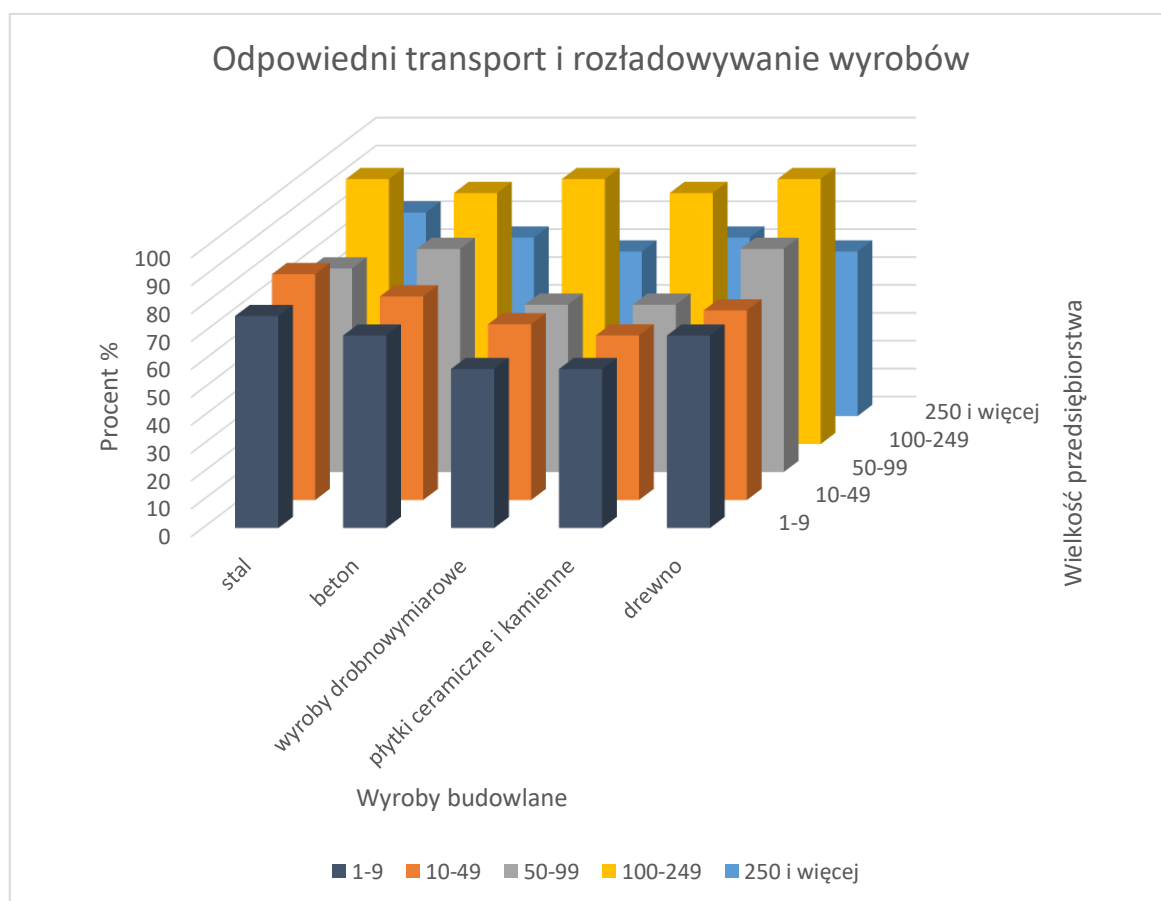


Rys. 6.4. Zastosowanie metody ‘Stosowanie systemów monitorujących’ w przedsiębiorstwach o zdefiniowanej wielkości (dane źródłowe w tabeli 6.5).

Dla pozostałych 6 metod, nie stwierdzono zależności ich stosowania od wielkości przedsiębiorstwa. Do tych metod należą: Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości, Ochrona budowy, Segregacja odpadów na budowie, Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów na budowie, Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie, Posiadanie planu wywożenia odpadów. Zastosowanie ww. metod kształtuje się na podobnym poziomie bez względu na wielkość przedsiębiorstwa. Ilustruje to przykładowy wykres zamieszczony na rysunku 6.5. przedstawiający częstość stosowania metody redukcji „Odpowiedni Transport i magazynowanie”. W przypadku wymienionej metody częstość jej stosowania w przedsiębiorstwach różnej wielkości kształtuje się na podobnym poziomie z wyłączeniem

przedsiębiorstw zatrudniających od 100 do 249 pracowników, w których widoczne jest częstsze jej stosowanie. Należy zaznaczyć, że brak istotnej statystycznie zależności nie oznacza nie zastosowania tych metod w badanych przedsiębiorstwach. Częstość stosowania ww. 6 metod może zależeć nie tylko od wielkości przedsiębiorstwa, ale również od wielu innych czynników, np. behawioralnych które również są badane w tej rozprawie. Wyniki badań wykazały, że w wielu przypadkach więcej niż 80% przedsiębiorstw stosowało daną metodę, np.:

- 85.7% przedsiębiorstw stosowało ‘Odpowiednie magazynowanie’ dla wyrobów stalowych,
- 87.9% przedsiębiorstw stosowało ‘Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości’ również dla wyrobów stalowych.



Rys. 6.5. Zastosowanie metody ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w przedsiębiorstwach o zdefiniowanej wielkości (dane źródłowe w tabeli 6.5).

Na uwagę zasługuje również metoda ‘Ochrona budowy’. Autorka przyjęła, że wysokie (86% i więcej) zastosowanie tej metody wśród przedsiębiorstw wynika z powodu przepisów obowiązujących w Emiracie Szardża. Dodatkowo, można przyjąć, że wysoki procent (78% i więcej) przedsiębiorstw stosujących ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ może wynikać z faktu, że za dostawę i rozładunek jest odpowiedzialny dostawca.

7. Ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach

Przedmiotem analizy jest ranking czynników, które mają wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach budowlanych. Analizę przeprowadzono w przedsiębiorstwach pogrupowanych według wielkości na 5 grup: 1 - 9 pracowników, 10 – 49 pracowników, 50 – 99 pracowników, 100 – 249 pracowników i 250 i więcej pracowników. Podział wynika z charakterystyki przedsiębiorstw budowlanych w Szardży.

7.1. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych

Na podstawie przeglądu literatury [Gavilan i Bernold, 1994; Bossink i Brouwers, 1996; Lingard i inni, 2000; Teo i inni, 2000; Ekanayake i Ofori, 2004; Al-Hajj i Hamani, 2011; Naoum i inni, 2015; Crawford i inni, 2017] wytypowano czynniki, które mają wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Czynniki te występują w fazie projektowania i wykonania obiektu budowlanego, jak również związane są z zarządzaniem wyrobami budowlanymi oraz kulturą pracy.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania:

- 1) Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy powodujące wyburzanie i ponowne wznoszenie zmienionych części budynku.
- 2) Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych, co zwiększa przycinanie źle dobranych rozmiarów.
- 3) Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta, co skutkuje np. późniejszymi błędami lub zmianami w projekcie.
- 4) Błędy w dokumentach projektowych powodujące późniejsze zmiany i przebudowy budynku.
- 5) Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy, co przyczynia się do powstawania błędów przy wznoszeniu budynku a co za tym idzie przebudowy budynku.
- 6) Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych zwiększająca ryzyko błędów i późniejszych poprawek w projekcie.
- 7) Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych zwiększająca ryzyko błędów i późniejszych poprawek w projekcie.
- 8) Brak wiedzy u projektanta o wyrobach zastępczych, co powoduje zastosowanie źle dobranych wyrobów budowlanych.
- 9) Wybór wyrobów o niskiej jakości zwiększający ryzyko zniszczenia wyrobów w trakcie budowy i potrzeby użycia nowych wyrobów.
- 10) Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą, co może być przyczyną źle dobranych wyrobów budowlanych.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy:

- 11) Błędy pracowników polegające np. na błędnym zamocowaniu wyrobu, co skutkuje późniejszymi poprawkami.
- 12) Wypadki i katastrofy powodujące zniszczenie wyrobów budowlanych bądź wznoszonego budynku.
- 13) Użycie niewłaściwych wyrobów, wymagających wymiany a co za tym idzie zniszczenie pierwotnie użytych wyrobów budowlanych.
- 14) Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem powodujące zamawianie np. zbyt dużej ilości tego wyrobu, co ma wpływ na niszczenie nadmiaru wyrobów.
- 15) Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy powodujące błędne zastosowanie innych wyrobów budowlanych.
- 16) Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu zwiększające ryzyko zniszczenia wyrobów budowlanych.
- 17) Warunki atmosferyczne, które powodują niszczenie wyrobów budowlanych przechowywanych na placu budowy bądź samego budynku.
- 18) Szkody spowodowane przez dostawców polegające na zniszczeniu zamówionych produktów.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związane z zarządzaniem wyrobami:

- 19) Błędy w zamawianiu wyrobów (zamawianie zbyt dużej lub zbyt małej ilości wyrobu) skutkujące nadmiarem danego wyrobu i jego niszczenia.
- 20) Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobów budowlanych a co za tym idzie magazynowanie nadmiaru tych wyrobów i ich niszczenie.
- 21) Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji technicznych powodujący późniejsze naprawy bądź wymiany.
- 22) Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie poprzez nieodpowiedni transport lub nieodpowiednie zabezpieczenie transportowanych wyrobów.
- 23) Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów.
- 24) Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów.
- 25) Kradzież lub wandalizm.
- 26) Wyrzucanie opakowań.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związane z kulturą pracy:

- 27) Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami, które zwiększają świadomość pracownika w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi.

- 28) Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami powodujący obniżenie efektywności w zarządzaniu odpadami budowlanymi.
- 29) Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko zaniżający zarówno wsparcie kierownictwa jak i samokontrolę pracowników w odpowiednim zarządzaniu odpadami budowlanymi.
- 30) Brak planu zarządzania odpadami budowlanymi powodujący dezorganizację w zarządzaniu tymi odpadami (np. zmieszanie odpadów organicznych z betonowymi).

Pytania dotyczące powyższych czynników zawarte były w ankiecie. Respondenci udzielali odpowiedzi na pytania, oceniając wpływ danego czynnika na generowanie odpadów w skali Likerta od 1 do 5, gdzie:

- 1 - oznacza, że czynnik ma minimalny wpływ na generowanie odpadów budowlanych,
- 2 - czynnik ma mały wpływ na generowanie odpadów,
- 3 - czynnik ma średni wpływ na generowanie odpadów,
- 4 - czynnik ma duży wpływ na generowanie odpadów,
- 5 - czynnik ma bardzo duży wpływ na generowanie odpadów.

7.1.1. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania

Poniżej, w tabeli 7.1, zestawiono odpowiedzi Respondentów na temat czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania mających wpływ na powstawanie odpadów budowlanych.

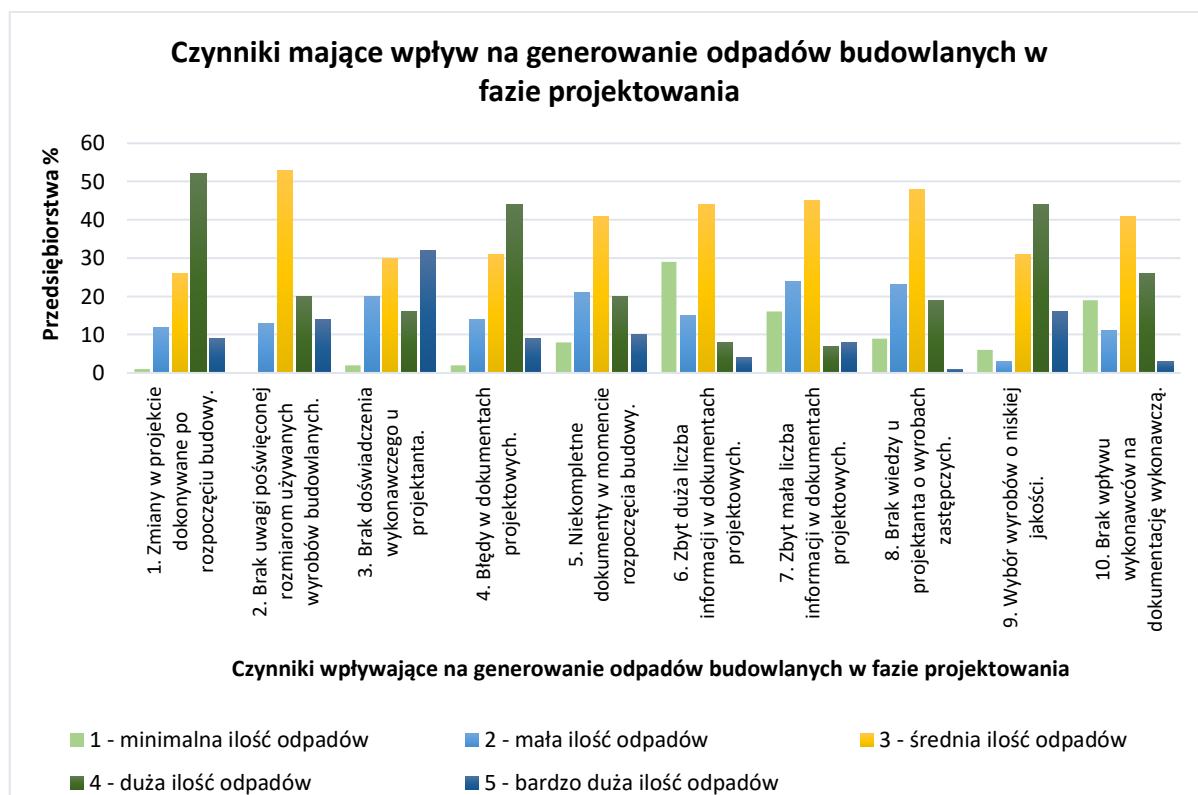
Tabela 7.1. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania. Skala: 1 – minimalna ilość odpadów, 5 - bardzo duża ilość odpadów.				
Nr.	Czynnik	Skala	Liczba przedsiębiorstw n_i	Udział procentowy
1	Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy.	1	1	1%
		2	17	12%
		3	37	26%
		4	73	52%
		5	12	9%
		Razem	140	100%
2	Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych.	1	0	0%
		2	19	13%
		3	74	53%
		4	28	20%
		5	19	14%

		Razem	140	100%
3	Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta.	1	3	2%
		2	28	20%
		3	42	30%
		4	22	16%
		5	45	32%
		Razem	140	100%
4	Błędy w dokumentach projektowych.	1	3	2%
		2	20	14%
		3	43	31%
		4	62	44%
		5	12	9%
		Razem	140	100%
5	Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy.	1	11	8%
		2	29	21%
		3	58	41%
		4	28	20%
		5	14	10%
		Razem	140	100%
6	Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych.	1	41	29%
		2	21	15%
		3	62	44%
		4	11	8%
		5	5	4%
		Razem	140	100%
7	Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych.	1	22	16%
		2	34	24%
		3	63	45%
		4	10	7%
		5	11	8%
		Razem	140	100%
8	Brak wiedzy u projektanta o wyrobach zastępczych.	1	12	9%
		2	32	23%
		3	67	48%
		4	27	19%
		5	2	1%
		Razem	140	100%
9	Wybór wyrobów o niskiej jakości.	1	9	6%
		2	4	3%
		3	43	31%
		4	62	44%
		5	22	16%
		Razem	140	100%
10	Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą.	1	26	19%
		2	16	11%
		3	58	41%

		4	36	26%
		5	4	3%
		Razem	140	100%

Na rysunku 7.1. przedstawiono wykres ilustrujący liczbę odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania.



Rys. 7.1. Czynniki mające wpływ na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania (dane źródłowe w tabeli 7.1).

Z analizy tabeli 7.1. i wykresu zamieszczonego na Rys. 7.1. wynika, że w fazie projektowej czynnikiem najczęściej ocenianym przez Respondentów jako generującym:

- **minimalną** ilość odpadów budowlanych był ‘Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych’ (29% przedsiębiorstw).
- **małą** ilość odpadów budowlanych był ‘Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych’ (24% przedsiębiorstw).
- **średnią** ilość odpadów budowlanych był ‘Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych’ (53% przedsiębiorstw).
- **dużą** ilość odpadów był ‘Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy’ (52% przedsiębiorstw).
- **bardzo dużą** ilość odpadów budowlanych był ‘Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta’ (32% przedsiębiorstw).

7.1.2. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy

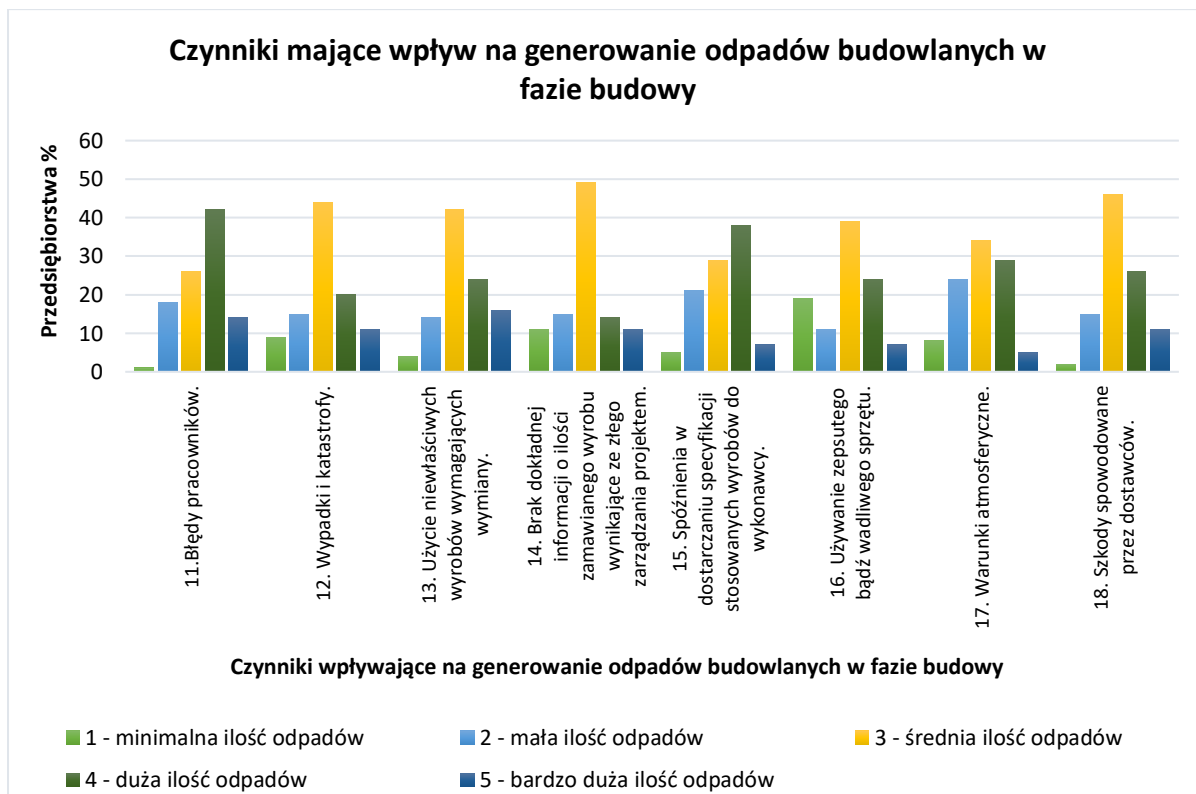
Poniżej, w tabeli 7.2, zestawiono odpowiedzi Respondentów na temat czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy.

Tabela 7.2. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy. Skala: 1 – minimalna ilość odpadów, 5 - bardzo duża ilość odpadów.				
Nr.	Czynnik	Skala	Liczba przedsiębiorstw <i>n_i</i>	Udział procentowy
11	Błędy pracowników.	1	1	1%
		2	25	18%
		3	36	26%
		4	59	42%
		5	19	14%
		Razem	140	100%
12	Wypadki i katastrofy.	1	13	9%
		2	21	15%
		3	62	44%
		4	28	20%
		5	16	11%
		Razem	140	100%
13	Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany.	1	5	4%
		2	20	14%
		3	59	42%
		4	33	24%
		5	23	16%
		Razem	140	100%
14	Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem.	1	15	11%
		2	21	15%
		3	69	49%
		4	20	14%
		5	15	11%
		Razem	140	100%
15	Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy.	1	7	5%
		2	29	21%
		3	41	29%
		4	53	38%
		5	10	7%
		Razem	140	100%
16		1	26	19%

	Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu.	2	16	11%
		3	54	39%
		4	34	24%
		5	10	7%
		Razem	140	100%
17	Warunki atmosferyczne.	1	11	8%
		2	34	24%
		3	48	34%
		4	40	29%
		5	7	5%
		Razem	140	100%
18	Szkody spowodowane przez dostawców	1	3	2%
		2	21	15%
		3	65	46%
		4	36	26%
		5	15	11%
		Razem	140	100%

Na rysunku 7.2. przedstawiono wykres ilustrujący liczbę odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy.



Rys. 7.2. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy (dane źródłowe w tabeli 7.2).

Z analizy tabeli 7.2. i wykresu zamieszczonego na Rys. 7.2. wynika, że w fazie budowy czynnikiem najczęściej ocenianym przez Respondentów jako generujący:

- **minimalną** ilość odpadów budowlanych był ‘Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu’ (19% przedsiębiorstw).
- **małą** ilość odpadów budowlanych był ‘Warunki atmosferyczne’ (24% przedsiębiorstw).
- **średnią** ilość odpadów budowlanych był ‘Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem’ (49% przedsiębiorstw).
- **dużą** ilość odpadów był ‘Błędy pracowników’ (42% przedsiębiorstw).
- **bardzo dużą** ilość odpadów budowlanych był ‘Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany’ (16% przedsiębiorstw).

7.1.3. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami

Poniżej, w tabeli 7.3, zestawiono odpowiedzi Respondentów na temat czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami.

Tabela 7.3. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami.

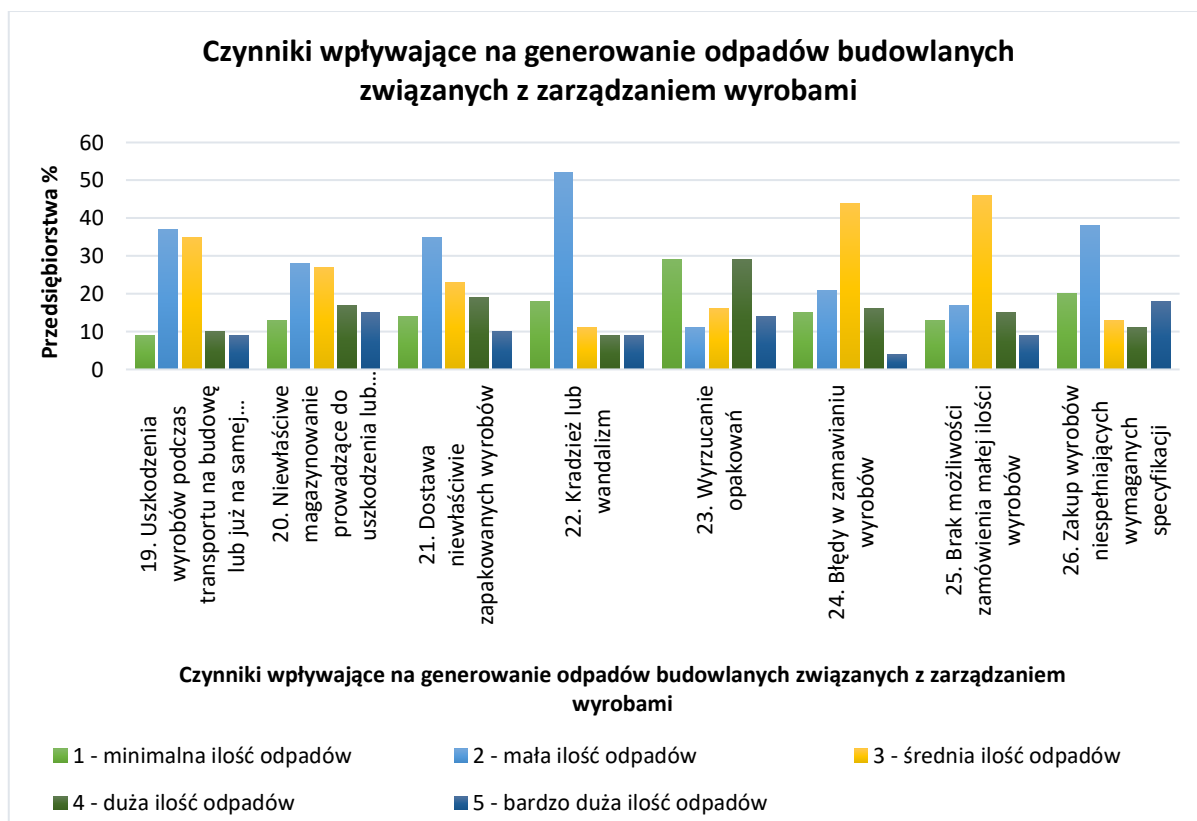
Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami. Skala: 1 – minimalna ilość odpadów, 5 - bardzo duża ilość odpadów.				
Nr.	Czynnik	Skala	Liczba przedsiębiorstw <i>n_i</i>	Udział procentowy
19	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie.	1	13	9%
		2	52	37%
		3	49	35%
		4	14	10%
		5	12	9%
		Razem	140	100%
20	Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów.	1	18	13%
		2	39	28%
		3	38	27%
		4	24	17%
		5	21	15%
		Razem	140	100%
21	Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów.	1	19	14%
		2	49	35%
		3	32	23%
		4	26	19%
		5	14	10%
		Razem	140	100%
22	Kradzież lub wandalizm.	1	25	18%

		2	73	52%
		3	16	11%
		4	13	9%
		5	13	9%
		Razem	140	100%
23	Wyrzucanie opakowań.	1	41	29%
		2	16	11%
		3	23	16%
		4	41	29%
		5	19	14%
		Razem	140	100%
24	Błędy w zamawianiu wyrobów.	1	21	15%
		2	30	21%
		3	61	44%
		4	22	16%
		5	6	4%
		Razem	140	100%
25	Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobów.	1	18	13%
		2	24	17%
		3	65	46%
		4	21	15%
		5	12	9%
		Razem	140	100%
26	Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji.	1	28	20%
		2	53	38%
		3	18	13%
		4	16	11%
		5	25	18%
		Razem	140	100%

Na rysunku 7.3. przedstawiono wykres ilustrujący liczbę odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami.

Z analizy tabeli 7.3. i wykresu zamieszczonego na Rys. 7.3. wynika, że wśród czynników związanych z zarządzaniem wyrobami, czynnikiem najczęściej ocenianym przez Respondentów jako generujący:

- **minimalną** ilość odpadów budowlanych był 'Wyrzucanie opakowań' (29% przedsiębiorstw).
- **małą** ilość odpadów budowlanych był 'Kradzież lub wandalizm' (52% przedsiębiorstw).
- **średnią** ilość odpadów budowlanych był 'Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem' (49% przedsiębiorstw).
- **dużą** ilość odpadów był 'Błędy pracowników' (42% przedsiębiorstw).
- **bardzo dużą** ilość odpadów budowlanych był 'Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany' (16% przedsiębiorstw).



Rys. 7.3. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami (dane źródłowe w tabeli 7.3).

7.1.4. Analiza czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy

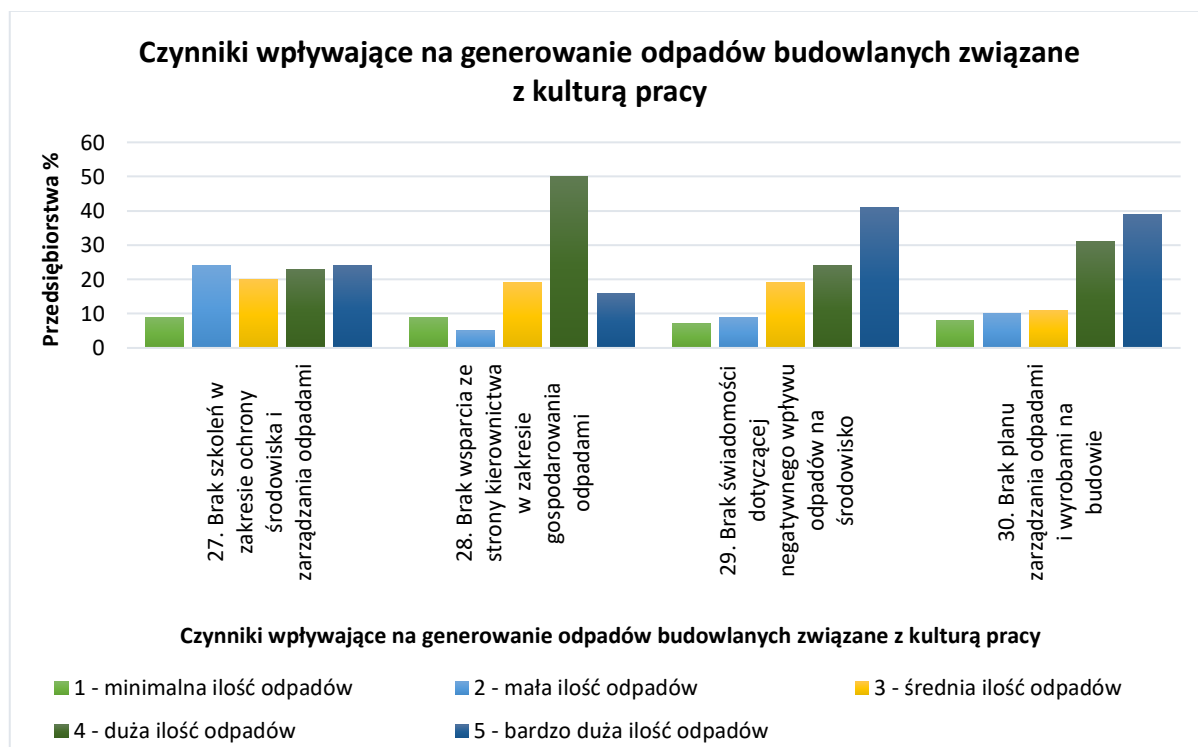
Poniżej, w tabeli 7.4, zestawiono odpowiedzi Respondentów na temat czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy.

Tabela 7.4. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związane z kulturą pracy.

Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związane z kulturą pracy. Skala: 1 – minimalna ilość odpadów, 5 – bardzo duża ilość odpadów.				
Nr.	Czynnik	Skala	Liczba przedsiębiorstw n_i	Udział procentowy
27	Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami.	1	12	9%
		2	34	24%
		3	28	20%
		4	32	23%
		5	34	24%
		Razem	140	100%

28	Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami.	1	13	9%
		2	7	5%
		3	27	19%
		4	70	50%
		5	23	16%
		Razem	140	100%
29	Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko.	1	10	7%
		2	13	9%
		3	27	19%
		4	33	24%
		5	57	41%
		Razem	140	100%
30	Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie.	1	11	8%
		2	14	10%
		3	16	11%
		4	44	31%
		5	55	39%
		Razem	140	100%

Na rysunku 7.4. przedstawiono wykres ilustrujący liczbę odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy.



Rys. 7.4. Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związane z kulturą pracy (dane źródłowe w tabeli 7.4).

Z analizy tabeli 7.4. i wykresu zamieszczonego na Rys. 7.4. wynika, że czynniki związane z kulturą pracy były najczęściej oceniane przez Respondentów jako generujące:

- **minimalną** ilość odpadów budowlanych był 'Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami' (13% przedsiębiorstw).
- **mało** odpadów budowlanych był 'Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami' (24% przedsiębiorstw).
- **średnią** ilość odpadów budowlanych był 'Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami' (20% przedsiębiorstw).
- **dużą** ilość odpadów był 'Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami' (50% przedsiębiorstw).
- **bardzo dużą** ilość odpadów budowlanych był 'Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko' (41% przedsiębiorstw).

7.2. Metodyka badań

Analiza czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych składa się z dwóch części, a mianowicie: określenia rankingu czynników w każdej z czterech analizowanych grup oraz sprawdzenia czy uszeregowanie czynników w każdej grupie zależy od wielkości przedsiębiorstwa.

7.2.1. Metodyka określenia kolejności czynników w rankingu

W celu określenia rankingu czynników w każdej z czterech analizowanych grup, wykonano następujące działania:

- Czynniki mające wpływ na generowanie odpadów budowlanych podzielono na 4 grupy: (1) czynniki występujące w fazie projektowej, (2) w fazie budowy, (3) związane z zarządzaniem wyrobami budowlanymi i (4) związane z kulturą pracy.
- W każdej grupie czynników zbadano miarę tendencji centralnej i dyspersji wykorzystując średnią arytmetyczną (M), medianę (Me), odchylenie standardowe (SD), minimum, maximum i skośność ($Sk.$). W każdej grupie uszeregowano czynniki od największej do najmniejszej wartości średniej.
- Przeprowadzono analizę otrzymanych wyników oraz sformułowano wnioski. Wpływ czynników na generowanie odpadów oceniono w następujący sposób:
 - ✓ minimalny, gdy średnia ocena mieści się w przedziale (0 - 1),
 - ✓ mały, gdy średnia ocena mieści się w przedziale (1.01 - 2),
 - ✓ średni, gdy średnia ocena mieści się w przedziale (2.01 - 3),
 - ✓ duży, gdy średnia ocena mieści się w przedziale (3.01 - 4),
 - ✓ bardzo duży, gdy średnia ocena mieści się w przedziale (4.01 - 5).

7.2.2. Metodyka badania zależności rankingu czynników od wielkości przedsiębiorstwa

W celu zbadania czy istnieje zależność między uszeregowaniem czynników w grupach a wielkością przedsiębiorstwa wykonano następujące działania:

- Przedsiębiorstwa podzielono na 5 grup ze względu na wielkość: (1) 1 – 9 pracowników, (2) 10 – 49 pracowników, (3) 50 – 99 pracowników, (4) 100 – 249 pracowników i (5) 250 i więcej pracowników.
- Sklasyfikowano odpowiedzi Respondentów, dotyczące czynników poprzednio posegregowanych na 4 grupy, stosownie do wielkości przedsiębiorstwa. W każdej z czterech grup określono liczbę odpowiedzi odnośnie do każdego czynnika w pięciostopniowej skali Likerta.
- W celu zbadania zależności oceny wpływu czynników na generowanie odpadów od wielkości przedsiębiorstwa obliczono statystyki testu Kruskala Wallisa z testem post hoc Duna. Test Kruskala Wallisa stosuje się, kiedy liczba elementów w badanym zbiorze (tutaj liczba przedsiębiorstw w każdej grupie wielkości) jest mniejsza niż 30. Test Duna jest zastosowany wówczas, gdy dla wyliczonej wartości H wyliczona wartość $p < 0,05$. Test ten służy do weryfikacji hipotezy o braku istotności różnic (hipoteza 0) między medianami badanej zmiennej w kilku ($k > 2$) grupach [Kruskal, Wallis, 1952]. Warunkiem przeprowadzenia tego testu jest pomiar zmiennej dokonany na skali porządkowej bądź interwałowej oraz niezależność porównywanych grup. Wyznaczoną na podstawie statystyki testowej wartość p , porównujemy z poziomem istotności α :
 - jeżeli $p \leq \alpha \Rightarrow$ odrzucamy H_0 przyjmując H_1 , wynik jest istotny statystycznie. Oznacza to, że jest zależność między wielkością przedsiębiorstwa a oceną wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych.
 - jeżeli $p > \alpha \Rightarrow$ nie ma podstaw do odrzucenia H_0 , wynik jest nieistotny statystycznie. Oznacza to, że nie występuje istotna zależność między wielkością przedsiębiorstwa a oceną wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych.

Statystyka testowa obliczana jest zgodnie ze wzorem (7.1):

(7.1)

$$H = \frac{1}{C} \left(\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \left(\frac{\left(\sum_{i=1}^{n_j} R_{ij} \right)^2}{n_j} \right) - 3(N+1) \right)$$

Gdzie:

$$N = \sum_{j=1}^k n_j \text{ (liczba przedsiębiorstw)}$$

n_j – liczebność prób dla ($j = 1, 2, \dots, k$), (liczba porównywanych grup przedsiębiorstw, $k=5$)

R_{ij} – rangi przypisane do wartości zmiennej, dla ($i = 1, 2, \dots, n_j$), ($j = 1, 2, \dots, k$), (porównywane w parach grupy przedsiębiorstw)

$C = 1 - \frac{\sum(t^2 - t)}{N^3 - N}$ – korekta na rangi wiązane (gdy nie ma rang wiązanych $C = 1$), (korektę na rangi wiązane przeprowadza się, gdy występują rangi o tej samej wartości; C jest to suma równych sobie rang)

t – liczba przypadków wchodzących w skład rangi wiązanej (w badanej próbie liczba przypadków wchodzących w skład rangi wiązanej wynosi od 2 do 5; 2 odpowiada dwóm równym rangom wiązanych; 5 odpowiada maksymalnej liczbie równym sobie rangom wiązanych tj. grupom przedsiębiorstw).

- Istotny statystycznie wynik testu H Kruskala Wallisa mówi o tym, że co najmniej jedna z grup różni się od innej grupy. Dlatego dodatkowo stosuje się test post hoc będący dodatkową analizą porównania parami (grup przedsiębiorstw różnej wielkości). W przypadku niniejszego opracowania stosowany był test Dunna [Dunn, 1964]. W badanej pracy test Duna jest zastosowany dla tych czynników, dla których wartość p dla H Kruskala Wallisa jest $<0,05$. Test Dunna zastosowano w celu obliczenia szczegółowych różnic między grupami przedsiębiorstw.

7.3. Wyniki badań i ich analiza

Obliczenia wykonano przy użyciu programu komputerowego SPSS-26. Najpierw, obliczono statystyki opisowe w każdej grupie czynników, później stworzono rankingi tych czynników, a następnie utworzono jeden wspólny ranking dla wszystkich analizowanych czynników. W dalszej kolejności przeprowadzono analizę wyników badań w celu identyfikacji oceny wpływu czynników na generowanie odpadów budowlanych, w zależności od wielkości przedsiębiorstwa.

7.3.1. Określenie kolejności czynników w rankingu

Ranking czynników został wykonany na podstawie wartości średniej (M) dotyczącej stosowania danego czynnika. Tabela 7.5 zawiera czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania, tabela 7.6 zawiera czynniki występujące w fazie budowy, tabela 7.7 zawiera czynniki powiązane z zarządzaniem wyrobami budowlanymi, a tabela 7.8 zawiera czynniki związane z kulturą pracy.

7.3.1.1. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania

Poniżej w tabeli 7.5 zamieszczono statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania i uszeregowano je zgodnie ze średnią oceną od najwyższej do najniższej.

Tabela 7.5. Statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania uszeregowane według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

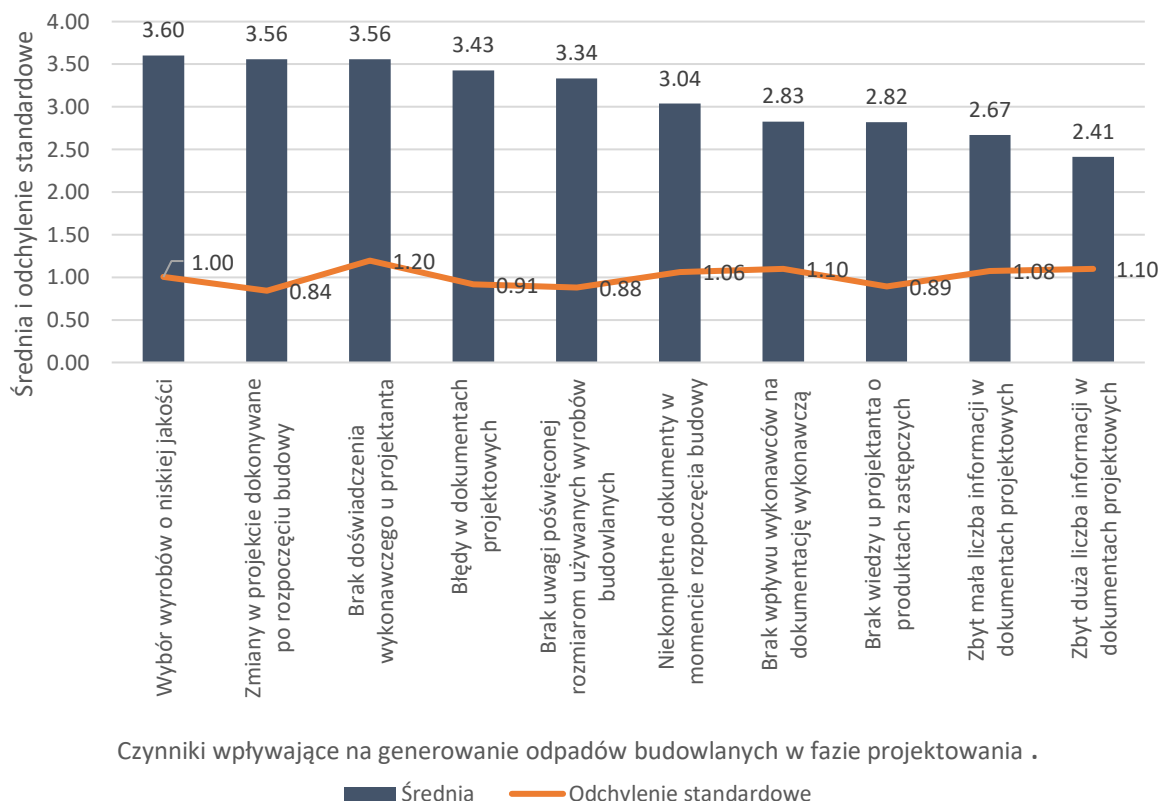
#	Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania	Średnia (M)	Odchylenie standardowe (SD)	Mediana (Me)	Minimum	Maksimum	Skośność (Sk)
1	Wybór wyrobów o niskiej jakości	3,60	1,00	4,00	1,00	5,00	-0,87
2	Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy	3,56	0,84	4,00	1,00	5,00	-0,55
3	Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta	3,56	1,20	3,00	1,00	5,00	-0,11
4	Błędy w dokumentach projektowych	3,43	0,91	4,00	1,00	5,00	-0,44
5	Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych	3,34	0,88	3,00	2,00	5,00	0,51
6	Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy	3,04	1,06	3,00	1,00	5,00	0,04
7	Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą	2,83	1,10	3,00	1,00	5,00	-0,38
8	Brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych	2,82	0,89	3,00	1,00	5,00	-0,26
9	Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych	2,67	1,08	3,00	1,00	5,00	0,30
10	Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych	2,41	1,10	3,00	1,00	5,00	0,14

Na rysunku 7.5. przedstawiono wykres słupkowy ilustrujący ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie projektowania. Czynniki zostały uszeregowane według wartości średniej (M) od maksymalnej do minimalnej. Linia czerwona zaznaczyła zmianę wartości odchylenia standardowego dla kolejnych czynników.

Z analizy tabeli 7.5 oraz wykresu zamieszczonego na rysunku 7.5 wynika, że:

1. Żadne z badanych czynników nie zostały ocenione jako mające minimalny, mały i bardzo duży wpływ na generowanie odpadów budowlanych.
2. Cztery czynniki zostały ocenione jako mające **średni** wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Należą do nich:
 - a. Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą
 - b. Brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych
 - c. Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych
 - d. Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych
3. Sześć czynników zostało ocenionych jako mających **duży** wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Należą do nich:

- Wybór wyrobów o niskiej jakości
- Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy
- Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta
- Błędy w dokumentach projektowych
- Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych
- Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy



Rys. 7.5. Ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych występujących w fazie projektowania uszeregowane według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

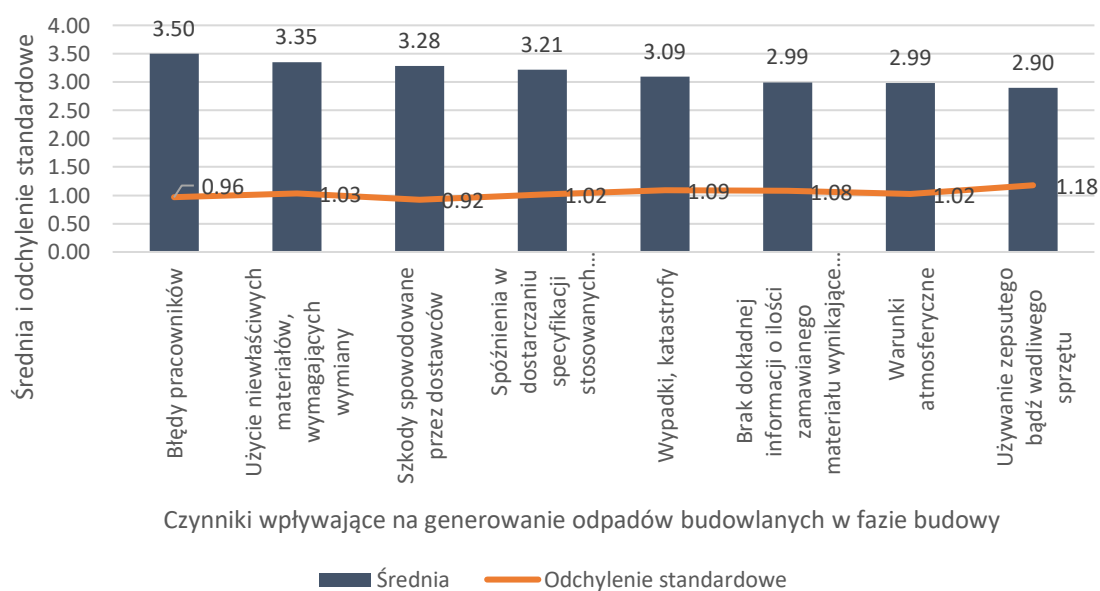
7.3.1.2. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy

W tabeli 7.6 zamieszczono statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy i uszeregowano je zgodnie ze średnią oceną od najwyższej do najniższej.

Tabela 7.6. Statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy uszeregowane według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

#	Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy	Średnia (M)	Odchylenie standardowe (SD)	Mediana (Me)	Minimum	Maksimum	Skośność (Sk)
1	Błędy pracowników	3,50	0,96	4,00	1,00	5,00	-0,27
2	Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany	3,35	1,03	3,00	1,00	5,00	-0,03
3	Szkody spowodowane przez dostawców	3,28	0,92	3,00	1,00	5,00	0,09
4	Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy	3,21	1,02	3,00	1,00	5,00	-0,32
5	Wypadki, katastrofy	3,09	1,09	3,00	1,00	5,00	-0,08
6	Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem	2,99	1,08	3,00	1,00	5,00	0,01
7	Warunki atmosferyczne	2,99	1,02	3,00	1,00	5,00	-0,13
8	Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu	2,90	1,18	3,00	1,00	5,00	-0,23

Na rysunku 7.6. przedstawiono wykres słupkowy ilustrujący ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy. Czynniki zostały uszeregowane według wartości średniej (M) od maksymalnej do minimalnej. Linia czerwona zaznacza zmianę wartości odchylenia standardowego dla kolejnych czynników.



Rys. 7.6. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych w fazie budowy uszeregowanych według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

Z analizy tabeli 7.6 oraz wykresu zamieszczonego na rysunku 7.6 wynika, że:

1. Żadne z badanych czynników nie zostały ocenione jako mające minimalny, mały i bardzo duży wpływ na generowanie odpadów budowlanych.
2. Trzy czynniki zostały ocenione jako mające **średni** wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Należą do nich:

- a. Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem
 - b. Warunki atmosferyczne
 - c. Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu
3. Pięć czynników zostało ocenionych jako mających **duży** wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Należą do nich:
- a. Błędy pracowników
 - b. Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany
 - c. Szkody spowodowane przez dostawców
 - d. Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy
 - e. Wypadki, katastrofy

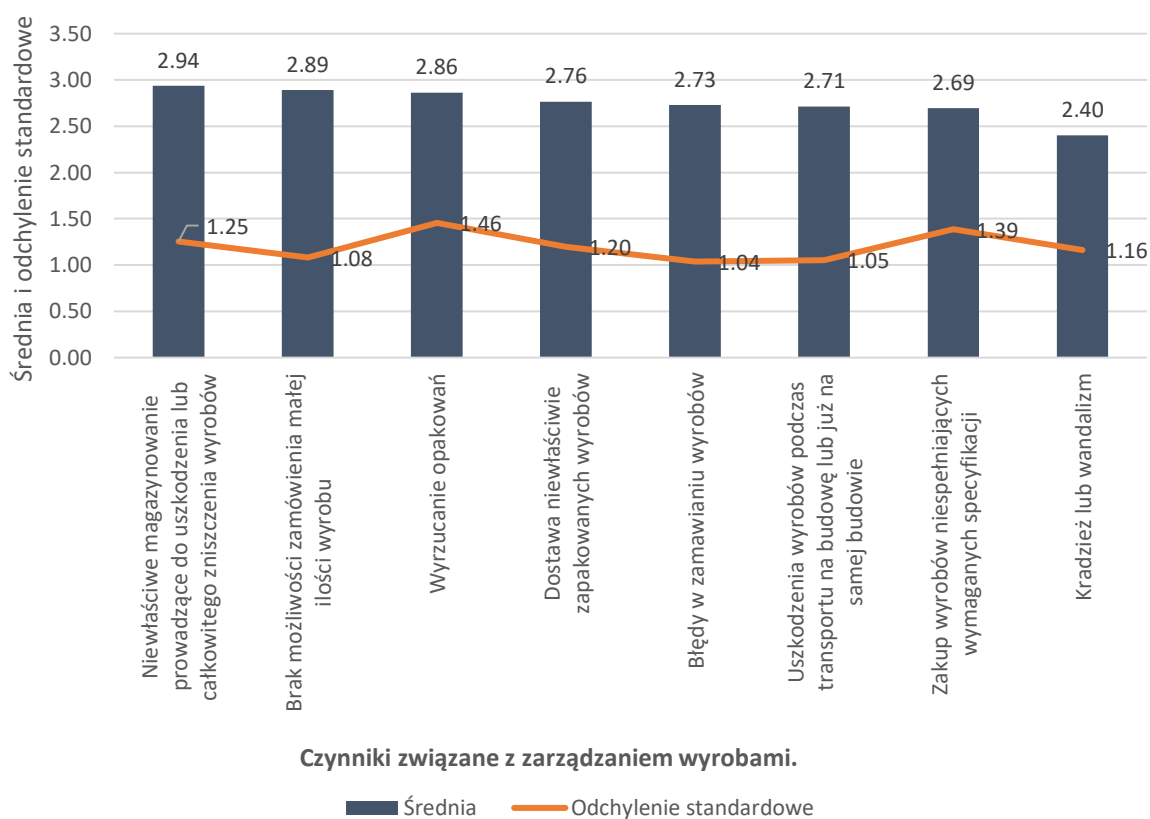
7.3.1.3. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami

W tabeli 7.7 zamieszczono statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami i uszeregowano je zgodnie ze średnią oceną od najwyższej do najniższej.

Tabela 7.7. Statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami uszeregowanych według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

#	Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami	Średnia (M)	Odchylenie standardowe (SD)	Mediana (Me)	Minimum	Maksimum	Skośność (Sk)
1	Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów	2,94	1,25	3,00	1,00	5,00	0,19
2	Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu	2,89	1,08	3,00	1,00	5,00	0,01
3	Wyrzucanie opakowań	2,86	1,46	3,00	1,00	5,00	-0,07
4	Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów	2,76	1,20	3,00	1,00	5,00	0,34
5	Błędy w zamawianiu wyrobów	2,73	1,04	3,00	1,00	5,00	-0,02
6	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie	2,71	1,05	3,00	1,00	5,00	0,56
7	Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji	2,69	1,39	2,00	1,00	5,00	0,52
8	Kradzież lub wandalizm	2,40	1,16	2,00	1,00	5,00	0,99

Na rysunku 7.7. przedstawiono wykres słupkowy ilustrujący ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami. Czynniki zostały uszeregowane według wartości średniej (M) od maksymalnej do minimalnej. Linia pomarańczową zaznaczono zmianę wartości odchylenia standardowego dla kolejnych czynników.



Rys. 7.7. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z zarządzaniem wyrobami uszeregowanych według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

Z analizy tabeli 7.7 oraz wykresu zamieszczonego na rysunku 7.7 wynika, że:

1. Żadne z badanych czynników nie zostały ocenione jako mające minimalny, mały, duży i bardzo duży wpływ na generowanie odpadów budowlanych.
2. Wszystkie czynniki związane z zarządzaniem wyrobami zostały ocenione jako mające **średni** wpływ na generowanie odpadów budowlanych.

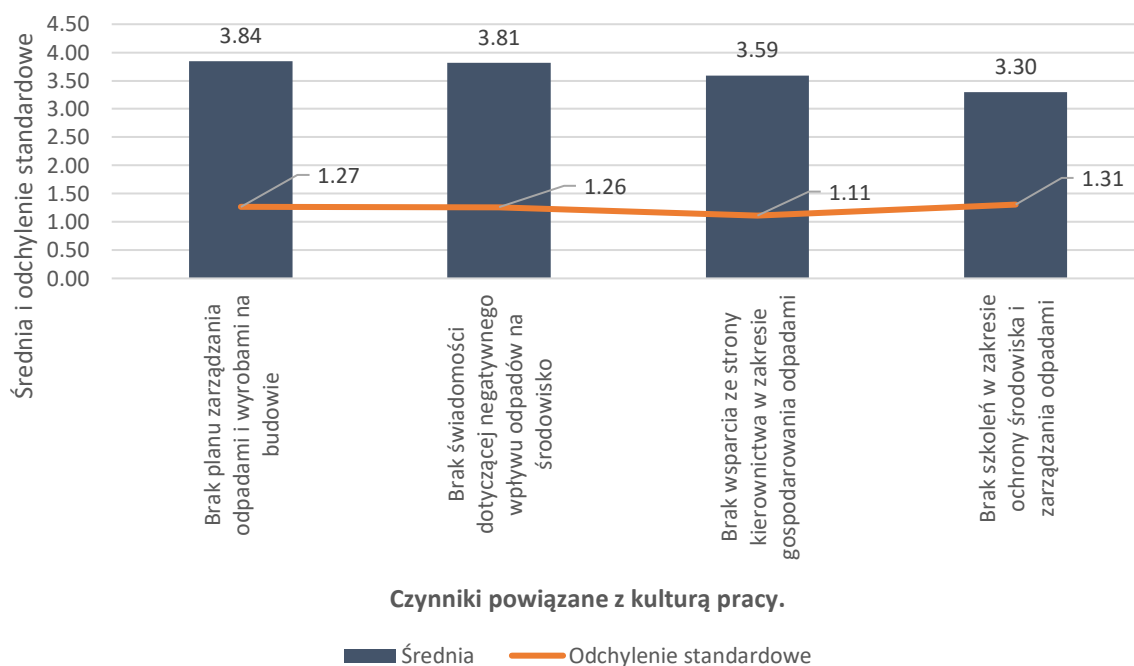
7.3.1.4. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy

W tabeli 7.8 zamieszczono statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy i uszeregowano je zgodnie ze średnią oceną od najwyższej do najniższej.

Tabela 7.8. Statystyki opisowe czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy uszeregowanych według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

#	Czynniki wpływające na generowanie odpadów budowlanych związane z kulturą pracy	Średnia (<i>M</i>)	Odchylenie standardowe (<i>SD</i>)	Mediana (<i>Me</i>)	Minimum	Maksimum	Skośność (<i>Sk</i>)
1	Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie	3,84	1,27	4,00	1,00	5,00	-0,95
2	Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko	3,81	1,26	4,00	1,00	5,00	-0,80
3	Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami	3,59	1,11	4,00	1,00	5,00	-1,02
4	Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami	3,30	1,31	3,00	1,00	5,00	-0,14

Na rysunku 7.8. przedstawiono wykres słupkowy ilustrujący ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy. Czynniki zostały uszeregowane według wartości średniej (*M*) od maksymalnej do minimalnej. Linia czerwoną zaznaczono zmianę wartości odchylenia standardowego dla kolejnych czynników.



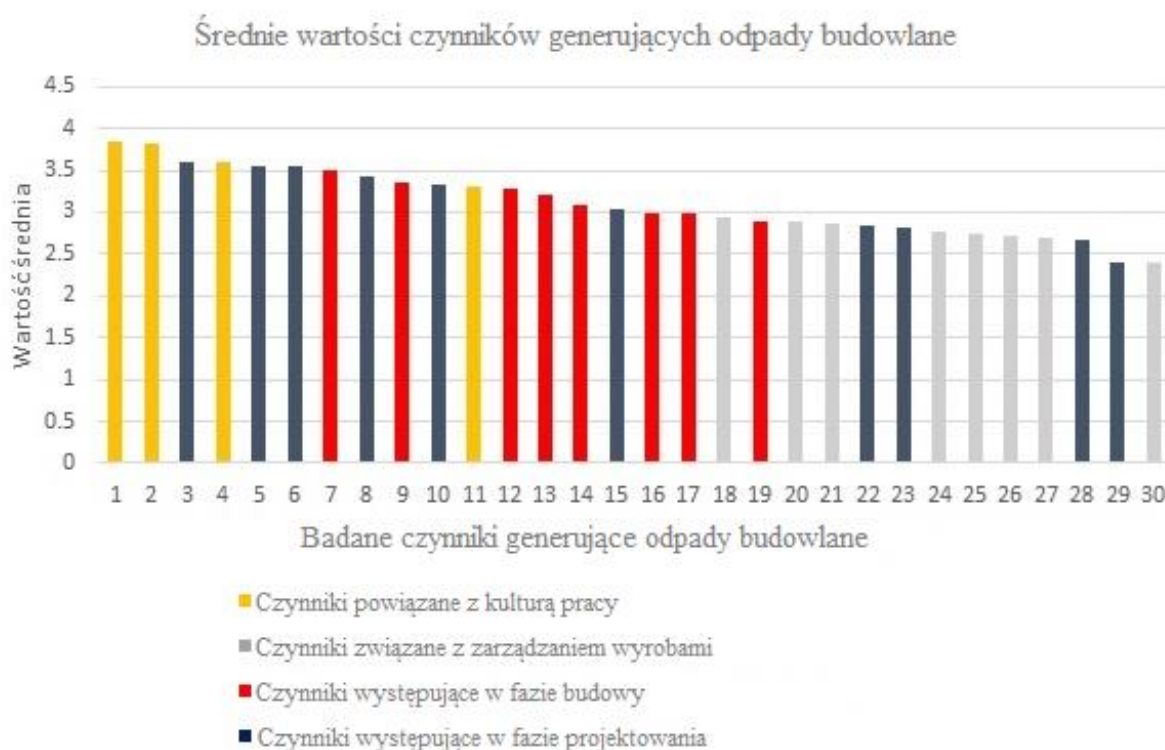
Rys. 7.8. Ranking czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z kulturą pracy uszeregowanych według wartości średniej (*M*) od najwyższej do najniższej.

Z analizy tabeli 7.8 oraz wykresu zamieszczonego na rysunku 7.8 wynika, że:

1. Żadne z badanych czynników nie zostały ocenione jako mające minimalny, mały, średni i bardzo duży wpływ na generowanie odpadów budowlanych.
2. Wszystkie czynniki związane z kulturą pracy zostały ocenione jako mające **duży** wpływ na generowanie odpadów budowlanych.

7.3.1.5. Ranking wszystkich czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych

Na rysunku 7.9 przedstawiono ranking wszystkich czynników, mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych, uszeregowanych według wartości średniej (M) od maksymalnej do minimalnej.



Rys. 7.9. Ranking wszystkich czynników generujących odpady budowlane uszeregowanych według wartości średniej (M) od najwyższej do najniższej.

Z analizy wykresu zamieszczonego na Rys. 7.9. wynika, że badane czynniki można podzielić na dwie grupy. Pierwszą grupą są czynniki oceniane przez Respondentów jako mające duży wpływ na generowanie odpadów. Do tej grupy należą:

- 1) Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie ($M = 3,84$).
- 2) Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko ($M = 3,81$).
- 3) Wybór wyrobów o niskiej jakości ($M = 3,60$).
- 4) Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami ($M = 3,59$).
- 5) Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta ($M = 3,56$).
- 6) Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy ($M = 3,56$).
- 7) Błędy pracowników ($M = 3,50$).
- 8) Błędy w dokumentach projektowych ($M = 3,43$).
- 9) Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany ($M = 3,35$).

- 10) Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych ($M = 3,34$).
- 11) Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami ($M = 3,30$).
- 12) Szkody spowodowane przez dostawców ($M = 3,28$).
- 13) Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy ($M = 3,21$).
- 14) Wypadki, katastrofy ($M = 3,09$).
- 15) Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy ($M = 3,04$).

Drugą grupą są czynniki oceniane jako mające średni wpływ na generowanie odpadów. Do tej grupy należą:

- 1) Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem ($M = 2,99$).
- 2) Warunki atmosferyczne ($M = 2,99$).
- 3) Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów ($M = 2,94$).
- 4) Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu ($M = 2,90$).
- 5) Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu ($M = 2,89$).
- 6) Wyrzucanie opakowań ($M = 2,86$).
- 7) Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą ($M = 2,83$).
- 8) Brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych ($M = 2,82$).
- 9) Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów ($M = 2,76$).
- 10) Błędy w zamawianiu wyrobów ($M = 2,73$).
- 11) Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie ($M = 2,71$).
- 12) Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji ($M = 2,69$).
- 13) Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych ($M = 2,67$).
- 14) Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych ($M = 2,41$).
- 15) Kradzież lub wandalizm ($M = 2,40$).

Na podstawie rysunku 7.9 dodatkowo zaobserwowano, że czynniki generujące odpady budowlane powiązane z kulturą pracy były w większości oceniane przez Respondentów jako generujące najwięcej odpadów budowlanych spośród wszystkich ocenianych czynników. Następnie wysoko oceniono czynniki w fazie projektowania a po nich czynniki w fazie budowy. Najniżej oceniono czynniki powiązane z zarządzaniem wyrobami. Respondenci najwyżej ocenili czynnik 'Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie' ($M = 3,84$), a najniżej 'Kradzież lub wandalizm' ($M = 2,40$).

7.3.2. Badanie różnic w ocenie wpływu czynników na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach różnych wielkości

W celu sprawdzenia, czy istnieją istotne różnice w ocenie wpływu czynnika na generowanie odpadów, w zależności od wielkości przedsiębiorstwa obliczono statystyki testu Kruskala Wallisa z testem post hoc Duna. W tabeli 7.9 przedstawiono wyliczone statystyki. Pogrubioną

czcionką zaznaczono wyniki istotne statystycznie. Dla każdego wyniku istotnego statystycznie przeprowadzono test Dunna, aby sprawdzić różnice w ocenie wpływu czynnika między poszczególnymi grupami przedsiębiorstw. Uzyskane różnice opisano w następujący sposób, np. $d > a$, co oznacza, że dla danego czynnika przedsiębiorstwo zatrudniające 100-249 pracowników (d) ma wyższe wyniki oceny od przedsiębiorstwa liczącego 1-9 pracowników (a).

Tabela 7.9. Statystyki testu Kruskala – Wallisa z testem post hoc Duna różnic między przedsiębiorstwami różnej wielkości w mierzonych czynnikach.

#	Czynnik	Wielkość przedsiębiorstwa (ilość pracowników)															H Kruskala- Wallisa	p	Test Duna
		a 1 – 9 ($n=42$)			b 10 – 49 ($n=41$)			c 50 – 99 ($n=15$)			d 100 – 249 ($n=20$)			e 250 i więcej ($n=22$)					
		M	ME	SD	M	ME	SD	M	ME	SD	M	ME	SD	M	ME	SD			
1	Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy	3,36	4,00	0,82	3,78	4,00	0,65	3,60	4,00	0,63	3,65	4,00	0,81	3,41	3,50	1,22	6,222	0,183	
2	Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych	3,14	3,00	0,52	3,05	3,00	0,89	3,47	3,00	0,83	4,10	4,00	0,97	3,45	3,50	0,96	19,600	0,001	$d>a$; $d>b$
3	Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta	3,43	3,00	1,42	3,39	3,00	1,05	4,00	4,00	1,07	3,90	4,00	0,97	3,50	4,00	1,22	5,502	0,240	
4	Błędy w dokumentach projektowych	3,43	4,00	0,91	3,27	3,00	0,87	3,27	3,00	0,70	3,85	4,00	0,81	3,45	3,50	1,14	6,696	0,153	
5	Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy	2,93	3,00	0,64	2,76	3,00	1,09	3,20	3,00	0,68	3,70	4,00	1,34	3,05	3,00	1,36	10,351	0,035	$a>b$; $b<c$; $b<d$
6	Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych	2,19	2,00	1,31	2,27	3,00	1,03	2,60	3,00	0,51	2,95	3,00	1,05	2,50	3,00	1,01	9,377	0,052	
7	Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych	2,21	2,00	0,75	2,61	3,00	0,89	3,53	4,00	0,74	3,35	3,00	1,39	2,45	2,50	1,22	26,175	<0,01	$a<c$; $a<d$; $b<c$; $c>e$
8	Brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych	2,60	3,00	0,80	2,85	3,00	0,82	3,40	4,00	0,99	2,75	3,00	0,91	2,86	3,00	0,99	8,595	0,072	
9	Wybór produktów o niskiej jakości	3,64	4,00	0,69	3,29	4,00	1,15	4,07	5,00	1,39	3,65	4,00	0,67	3,73	4,00	1,08	8,483	0,075	
10	Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą	3,00	3,00	1,10	2,37	3,00	1,20	3,33	4,00	0,90	2,75	3,00	0,91	3,09	3,00	0,92	12,528	0,014	$b<c$
11	Błędy pracowników	3,88	4,00	1,04	3,29	3,00	0,84	3,67	4,00	0,82	3,50	3,00	0,89	3,05	3,00	0,95	16,354	0,003	$a>b$; $a>e$
12	Wypadki, katastrofy	3,12	3,00	0,55	2,68	3,00	1,06	3,00	3,00	1,07	3,60	3,50	1,39	3,41	3,50	1,37	8,698	0,069	

13	Szkody spowodowane przez dostawców	3,67	3,00	0,87	3,12	3,00	0,78	2,93	3,00	0,59	3,50	4,00	1,00	2,86	3,00	1,08	14,437	0,006	$a > e$
14	Użycie niewłaściwych wyrobów, wymagających wymiany	3,33	3,00	0,48	3,20	3,00	1,19	3,47	4,00	0,99	3,80	4,00	1,20	3,18	3,00	1,30	7,143	0,129	
15	Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem	2,83	3,00	0,62	2,76	3,00	1,16	3,00	3,00	0,76	3,75	3,50	0,85	3,05	3,00	1,62	13,335	0,010	$c > a;$ $c > b$
16	Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy	3,17	3,00	0,82	3,61	4,00	0,92	3,13	3,00	1,06	3,10	3,00	1,17	2,73	3,00	1,16	8,833	0,065	
17	Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu	3,17	3,00	0,62	2,41	3,00	1,30	3,60	3,00	1,50	3,20	3,00	1,01	2,55	3,00	1,26	13,043	0,011	$b < a,$ $b < c,$ $b < d,$ $c > e$
18	Warunki atmosferyczne	3,26	3,00	0,80	2,66	3,00	1,06	3,13	3,00	0,83	3,80	4,00	1,01	2,23	2,00	0,75	30,879	<0,01	$a > e;$ $b < d;$ $d > e$
19	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie	2,81	3,00	0,86	2,78	3,00	1,01	2,67	3,00	0,90	3,10	2,00	1,45	2,09	2,00	0,97	10,447	0,034	$d < b$
20	Niewłaściwe przechowywanie i magazynowanie	2,69	2,50	1,00	2,90	3,00	1,45	2,87	3,00	1,06	3,55	3,00	1,36	2,95	3,00	1,25	5,638	0,228	
21	Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów	2,83	3,00	0,82	2,17	2,00	1,07	3,53	4,00	1,64	3,85	4,00	1,09	2,23	2,00	0,75	33,959	<0,01	$d > a;$ $d > b;$ $d > c;$ $d > e$
22	Kradzież lub wandalizm	1,98	2,00	0,47	2,29	2,00	1,05	3,13	3,00	1,51	3,25	3,00	1,48	2,14	2,00	1,17	17,862	0,001	$a < d$
23	Wyrzucanie opakowań	2,55	3,00	1,29	2,88	2,00	1,54	2,93	4,00	1,67	3,70	4,00	1,34	2,64	2,50	1,36	9,947	0,041	$a < d$
24	Błędy w zamawianiu wyrobów	2,74	3,00	0,54	2,63	3,00	1,22	3,13	3,00	0,99	3,05	3,00	0,89	2,32	2,00	1,39	8,895	0,064	
25	Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu	3,02	3,00	0,35	2,95	3,00	1,41	3,47	4,00	0,83	2,85	3,00	1,35	2,18	2,00	0,91	19,274	0,001	$d < a;$ $d < c$
26	Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji	2,40	2,00	0,59	2,44	2,00	1,48	3,40	4,00	1,68	3,85	4,00	1,09	2,18	1,00	1,65	23,416	<0,01	$d > a;$ $d > b;$ $d > e$
27	Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami	3,17	3,00	1,29	2,85	3,00	1,28	3,40	4,00	1,30	4,35	5,00	0,99	3,36	3,50	1,22	18,475	0,001	$d > a;$ $d > b$

28	Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami	3,71	4,00	0,64	3,17	4,00	1,24	4,20	4,00	1,01	3,90	4,00	1,37	3,45	4,00	1,14	16,872	0,002	$b < c$
29	Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko	4,60	5,00	0,66	3,05	3,00	1,43	3,67	3,00	1,18	3,90	4,00	0,97	3,77	4,00	1,27	29,916	<0,01	$a > b$
30	Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie	4,57	5,00	0,67	3,00	3,00	1,48	4,00	4,00	1,13	4,25	4,00	0,55	3,55	4,00	1,30	30,637	<0,01	$a > b$; $a > e$

M – średnia; ME – mediana; SD – odchylenie standardowe

7.3.3. Analiza wyników badań

Analiza wyników obliczeń zamieszczonych w tabeli 7.9 pozwoliła określić, z dużym prawdopodobieństwem, czy występują istotne różnice w ocenie wpływu czynnika na generowanie odpadów w zależności od wielkości przedsiębiorstw. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie różnicy w ocenie wpływu czynnika, w zależności od wielkości przedsiębiorstwa, dla 11 badanych czynników. Należą do nich:

- 1) zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy,
- 2) brak doświadczenia wykonawczego u projektanta,
- 3) błędy w dokumentach projektowych,
- 4) zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych,
- 5) brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych,
- 6) wybór produktów o niskiej jakości,
- 7) wypadki, katastrofy,
- 8) użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany,
- 9) spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy,
- 10) niewłaściwe przechowywanie i magazynowanie,
- 11) błędy w zamawianiu wyrobów.

Dla wyżej wymienionych czynników, oceny ich wpływu na generowanie odpadów, nie różniły się istotnie w poszczególnych analizowanych grupach przedsiębiorstw.

Spośród 30 badanych czynników, w 19 przypadkach stwierdzono zależność oceny wpływu czynnika na generowanie odpadów od wielkości przedsiębiorstwa. Szczegółowe podsumowanie wyników badań zaprezentowano w tabeli 7.10.

Tabela 7.10. Podsumowanie istotnych statystycznie wyników badań dotyczących zależności oceny czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych od wielkości przedsiębiorstwa.

Podsumowanie wyników badań, dla których test Kruskala-Wallisa wykazał istotną statystycznie różnicę oceny wpływu czynnika od wielkości przedsiębiorstwa.		
#	Czynnik mający wpływ na generowanie odpadów budowlanych	Test Dunna wykazał różnicę w ocenie czynników między grupami przedsiębiorstw, a mianowicie:
1	Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników.
2	Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników; ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników i 100-249 pracowników.
3	Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników i 100-249 pracowników; ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników; ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 250 pracowników i więcej.
4	Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników.
5	Błędy pracowników	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników i 250 pracowników i więcej.
6	Szkody spowodowane przez dostawców	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 250 pracowników i więcej.
7	Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem	<ul style="list-style-type: none"> ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników i 10-49 pracowników.

8	Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników, 50-99 pracowników i 100-249 pracowników; o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 250 pracowników i więcej.
9	Warunki atmosferyczne	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 250 pracowników i więcej; o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników; o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 250 pracowników i więcej.
10	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników.
11	Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników, 10-49 pracowników, 50-99 pracowników i 250 pracowników i więcej.
12	Kradzież lub wandalizm	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników.
13	Wyrzucanie opakowań	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników.
14	Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników i 50-99 pracowników.
15	Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji	<ul style="list-style-type: none"> o ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników, 10-49 pracowników i 250 pracowników i więcej.

16	Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami	○ ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników i 10-49 pracowników.
17	Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami	○ ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników jest niższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 50-99 pracowników.
18	Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko	○ ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników.
19	Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie	○ ocena wpływu czynnika na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 10-49 pracowników i 250 pracowników i więcej.

7.4. Wnioski

Przeanalizowano rankingi czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych związanych z fazą projektowania, fazą budowy, związanych z zarządzaniem wyrobami i z kulturą pracy. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- a) Czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych w fazie projektowania jest ‘Wybór wyrobów o niskiej jakości’. Czynnikiem wpływającym na generowanie najmniejszej ilości odpadów budowlanych w fazie projektowania jest ‘Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych’.
- b) Czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych w fazie budowy jest ‘Błędy pracowników’. Czynnikiem wpływającym na generowanie najmniejszej ilości odpadów budowlanych w fazie budowy jest ‘Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu’.
- c) Czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych związanym z zarządzaniem wyrobami jest ‘Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów’. Czynnikiem wpływającym na generowanie najmniejszej ilości odpadów budowlanych związanym z zarządzaniem wyrobami jest ‘Kradzież lub wandalizm’.
- d) Czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych związanym z kulturą pracy jest ‘Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie’. Czynnikiem wpływającym na generowanie najmniejszej ilości odpadów budowlanych związanym z kulturą pracy jest ‘Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami’.

Analiza wszystkich zdefiniowanych w procesie budowlanym czynników pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- a) Czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych wśród wszystkich grup czynników jest 'Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie'.
- b) Czynnikiem wpływającym na generowanie najmniejszej ilości odpadów budowlanych wśród wszystkich grup czynników jest 'Kradzież lub wandalizm'.

Stwierdzono istotną statystycznie zależność oceny wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych od wielkości przedsiębiorstwa dla 19 czynników. Do czynników tych należą:

- 1) brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych,
- 2) niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy,
- 3) zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych,
- 4) brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą,
- 5) błędy pracowników,
- 6) szkody spowodowane przez dostawców,
- 7) brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem,
- 8) używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu,
- 9) warunki atmosferyczne,
- 10) uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie,
- 11) dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów,
- 12) kradzież lub wandalizm,
- 13) wyrzucanie opakowań,
- 14) brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu,
- 15) zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji,
- 16) brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami,
- 17) brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami,
- 18) brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko,
- 19) brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie.

Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności oceny wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych od wielkości przedsiębiorstwa dla następujących 11 czynników:

- 1) zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy,
- 2) brak doświadczenia wykonawczego u projektanta,
- 3) błędy w dokumentach projektowych,
- 4) zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych,
- 5) brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych,
- 6) wybór produktów o niskiej jakości,
- 7) wypadki, katastrofy,
- 8) użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany,

- 9) spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy,
- 10) niewłaściwe przechowywanie i magazynowanie,
- 11) błędy w zamawianiu wyrobów.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań można stwierdzić, że podniesienie świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko, a co za tym idzie posiadanie planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie może mieć znaczący wpływ na zmniejszenie ilości odpadów budowlanych poprzez, między innymi, wybór wyrobów o wysokiej jakości, właściwe magazynowanie wyrobów i szkolenie pracowników w zakresie gospodarowania wyrobami i odpadami budowlanymi.

8. Czynniki behawioralne wpływające na zarządzanie odpadami budowlanymi

Przedmiotem analizy jest zależność między czynnikami behawioralnymi, dotyczącymi zachowań pracownika w sferze zarządzania odpadami budowlanymi, a stosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie. Czynniki behawioralne i metody redukcji odpadów budowlanych zostały wyselekcjonowane na podstawie przeglądu literatury przedmiotu [Lingard i inni, 2000; Teo i inni, 2000; Ekanayake i Ofori, 2004; Ekanayake i Ofori, 2004; Bossink i Brouwers, 1996; Al-Hajj i Hamani, 2011]. Metody redukcji odpadów budowlanych zostały zbadane w odniesieniu do następujących wyrobów budowlanych: stalowych, betonowych, drewnianych, drobnowymiarowych (ceramicznych i betonowych) oraz wykończeniowych (płytek ceramicznych i kamiennych).

8.1. Czynniki behawioralne mające wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi

Na podstawie przeglądu literatury [Lingard i inni, 2000; Teo i inni, 2000; Ekanayake i Ofori, 2004] wyselekcjonowano następujące czynniki behawioralne, które mają wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi:

- 1) świadomość pracownika w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi, która przyczynia się do zwiększenia samokontroli i odpowiedzialności za swoje działania np. dbałość o wyroby budowlane oraz ich odpowiednie użycie,
- 2) wiedza dotycząca stosowania w przedsiębiorstwie metod zarządzania odpadami budowlanymi, dzięki której inicjowane i kontrolowane są odpowiednie działania w tym zakresie np. wyznaczenie miejsca na budowie do składowania odpadów budowlanych i nadzór segregacji tych odpadów,
- 3) ocena własnych działań pracownika, które minimalizują generowanie odpadów budowlanych, takie jak organizacja miejsca pracy, dbanie o narzędzia i o odpowiednie zużycie wyrobów budowlanych,
- 4) ocena skuteczności przepisów dotyczących redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie, przez pracownika, według których pracownik może inicjować działania w tym zakresie np. posiadanie planu zagospodarowania odpadów budowlanych,
- 5) ocena skuteczności zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, przez pracownika np. wdrażanie planu zagospodarowania odpadów budowlanych,
- 6) chęć wdrażania przyszłych działań związanych z zarządzaniem odpadami budowlanymi np. branie udziału w szkoleniach i późniejsze zastosowanie poznanych procedur,
- 7) chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie np. organizowanie szkoleń w ww. zakresie.

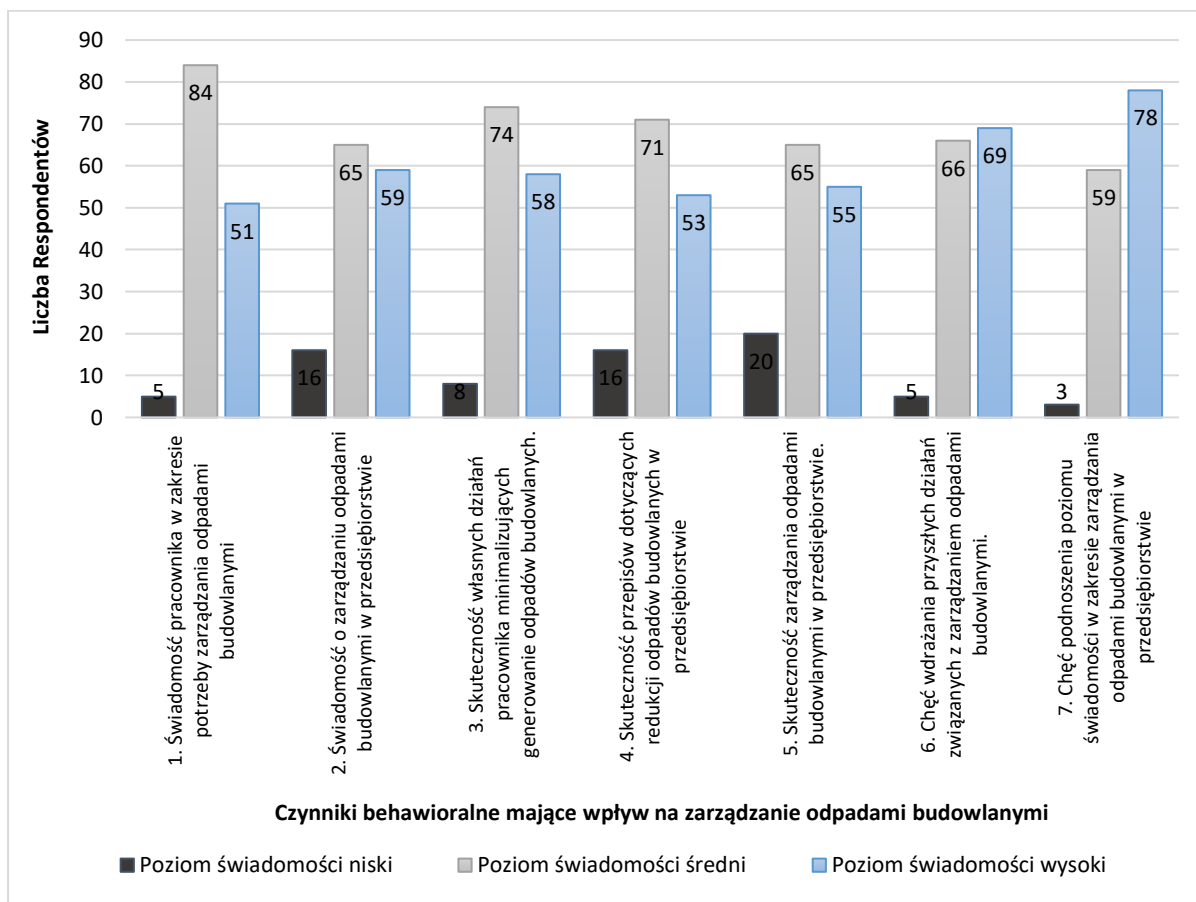
Poniżej, w tabeli 8.1, zestawiono odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do czynników behawioralnych mających wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi. Poniższe czynniki oceniono stosując trzystopniową skalę Likerta, w której 1 oznacza niski poziom świadomości,

2 średni poziom świadomości a 3 wysoki poziom świadomości o zarządzaniu odpadami budowlanymi.

Tabela 8.1. Czynniki behawioralne mające wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi.

Nr.	Czynnik behawioralny	Pytanie w ankiecie	Skala poziomu świadomości	Liczba przedsiębiorstw n_i	Udział procentowy
1	Świadomość pracownika w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi.	Jaka jest Pana/Pani świadomość potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi?	1	5	4%
			2	84	60%
			3	51	36%
2	Świadomość na temat zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.	Jaka jest według Pana/Pani świadomość potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje?	1	16	11%
			2	65	46%
			3	59	42%
3	Skuteczność własnych działań pracownika minimalizujących generowanie odpadów budowlanych.	Jakby Pan/Pani oceniła skuteczność własnych działań minimalizujących generowanie odpadów budowlanych?	1	8	6%
			2	74	53%
			3	58	41%
4	Skuteczność przepisów dotyczących redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie.	Czy wg Pana/Pani przepisy dotyczące działań redukujących generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje są skuteczne?	1	16	11%
			2	71	51%
			3	53	38%
5	Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.	Oceń czy zarządzanie odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje jest skuteczne?	1	20	14%
			2	65	46%
			3	55	39%
6	Chęć wdrażania przyszłych działań związanych z zarządzaniem odpadami budowlanymi.	Czy zamierza Pan/Pani poświęcić więcej wysiłku i czasu na wdrażanie procesu zarządzania odpadami budowlanymi w przyszłości?	1	5	4%
			2	66	47%
			3	69	49%
7	Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.	Czy chciałby Pan/ Pani podnieść poziom świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje?	1	3	2%
			2	59	42%
			3	78	56%

Na rysunku 8.1. przedstawiono wykres ilustrujący ocenę Respondentów, w skali od 1 do 3, w odniesieniu do czynników behawioralnych mających wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi.



Rys. 8.1. Liczba odpowiedzi Respondentów w odniesieniu do czynników behawioralnych mających wpływ na zarządzanie odpadami budowlanymi (dane źródłowe w tabeli 8.1).

Z tabeli 8.1 oraz rysunku 8.1 wynika, że Respondenci oceniali poszczególne czynniki przeważnie na poziomie średnim. Wyjątek stanowi czynnik 6 i 7, który większość Respondentów oceniła wysoko. I tak, średni poziom świadomości przyporządkowano następującym czynnikom:

- świadomość pracowników w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi (60% Respondentów),
- świadomość o zarządzaniu odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie (46% Respondentów),
- skuteczność własnych działań pracownika minimalizujących generowanie odpadów budowlanych (53% Respondentów),
- skuteczność przepisów dotyczących redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie (51% Respondentów),
- skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie (46% Respondentów).

Tylko dwa czynniki były oceniane na poziomie wysokim, a mianowicie:

- chęć wdrażania przyszłych działań związanych z zarządzaniem odpadami budowlanymi (49% Respondentów),
- chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie (56% Respondentów).

Z powyższych podsumowań można wyciągnąć wnioski, iż pracownicy przedsiębiorstw budowlanych mają świadomość w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi na poziomie średnim, są chętni do podniesienia poziomu świadomości w przedsiębiorstwie, w którym pracują, jak i również są chętni do wdrażania procedur zarządzania odpadami budowlanymi w przyszłości.

8.2. Metodyka oceny zależności między poziomem świadomości pracowników a stosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych

Przedmiotem badania jest określenie wpływu czynników behawioralnych na stosowanie metod redukcji odpadów budowlanych. W tym celu:

- Odpowiedzi Respondentów dotyczące 7 badanych czynników behawioralnych podzielono na podzbiory, a mianowicie: podzbiór z oceną 1, podzbiór z oceną 2 i podzbiór z oceną 3.
- Odpowiedzi pozytywne (TAK) Respondentów dotyczące stosowanych metod redukcji odpadów zakwalifikowano do 5 zbiorów. Każdy ze zbiorów odpowiada analizowanemu rodzajowi wyrobu budowlanego: stalowego, betonowego, drewnianego, drobnowymiarowego i wykończeniowego. Każdy zbiór podzielono na 13 podzbiorów odnoszących się do poszczególnych metod redukcji odpadów.
- Uzyskane próby wyników dla metod redukcji odpadów budowlanych i dla czynników behawioralnych, oceniono, czy są zgodne z rozkładem normalnym. W tym celu najpierw obliczono podstawowe statystyki opisowe, które zawierały miarę tendencji centralnej i dyspersji, w których wykorzystano średnią arytmetyczną (M), medianę (Me), odchylenie standardowe (SD), wynik minimalny i maksymalny, skośność ($Sk.$) i kurtoza ($Kurt.$).
- Kolejnym krokiem do zbadania normalności rozkładu było obliczenie testu normalności Kołmogorowa Smirnowa [Kołmogorow, 1933] z poprawką Lilieforsa [Lilliefors, 1967]. Test ten opiera się na wyznaczeniu odległości między dystrybucją empiryczną a teoretyczną rozkładu normalnego. Hipoteza zerowa (H_0) tego testu zakłada, że rozkład zmiennej jest zbliżony do rozkładu normalnego. Poprawka Lilieforsa uwzględnia, że wartości rozkładów zmiennej w populacji są najczęściej nieznane. Stosuje się ją, gdy nie jest znana wartość średnia i odchylenie standardowe zmiennej dla populacji, z której pochodzi próba. Wyznaczoną na podstawie statystyki testowej wartość p dla testu Kołmogorowa Smirnowa porównujemy z poziomem istotności α :

- jeżeli $p \leq \alpha \Rightarrow$ odrzucamy H_0 przyjmując H_1 – oznacza to, że rozkład zmiennej jest odchylony od rozkładu normalnego,
- jeżeli $p > \alpha \Rightarrow$ nie ma podstaw odrzucić H_0 – oznacza to, że rozkład zmiennej jest rozkładem normalnym.

Jako poziom istotności przyjęto $\alpha = 0,05$.

Wartość statystyki oblicza się według następującego wzoru (8.1):

$$D = \sup_x |F_n(x) - F(x)|; \quad (8.1)$$

Gdzie:

$F_n(x)$ – jest to empiryczna dystrybuanta rozkładu normalnego dla n -elementowej próby (w badanej próbie $n = 140$),

$F(x)$ – jest to teoretyczna dystrybuanta rozkładu normalnego,

x – jest to zmienna ilościowa dla metod redukcji odpadów budowlanych i dla czynników behawioralnych.

- Następnie utworzono wskaźniki liczebności:
 - Wskaźnik liczebności badanych metod (PM) obliczono sumując odpowiedzi twierdzące (TAK) odnoszące się do zastosowania każdej metody.
 - Wskaźnik liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych (PK) obliczono na podstawie sumy stosowanych metod dla każdej kategorii odpadów (stalowych, betonowych, drobnowymiarowych, wykończeniowych oraz drewnianych).
 - Wskaźnik ogólnej liczebności stosowanych metod (OM), obliczono sumując wszystkie stosowane metody przez dane przedsiębiorstwo. Wyższa wartość wskaźnika oznacza większą liczbę stosowanych metod.
- Utworzono wskaźnik behawioralny (WB) będący średnią dla wszystkich badanych czynników behawioralnych. Im wyższy wskaźnik tym wyższa świadomość.
- Ustalono zależności między czynnikami behawioralnymi a liczbą stosowanych metod redukujących odpady budowlane. W tym celu przeprowadzono analizę korelacji z uwzględnieniem współczynnika ρ Spearmana. Współczynnik korelacji rang Spearmana [Spearman, 1910] wykorzystuje się, aby zbadać siłę związku między zmienną x i y , gdy wartości zmiennych występują na skali porządkowej bądź przedziałowej. W badanej pracy, za zmienną x , przyjęto wskaźnik behawioralny badanych Respondentów, natomiast za zmienną y przyjęto wskaźnik liczebności stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych.

Współczynnik ρ Spearmana wylicza się według wzoru:

(8.2)

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)};$$

gdzie:

$d_i = R_{x_i} - R_{y_i}$ – różnica rang dla zmiennej X i zmiennej Y ,

n – liczność d_i (140 przedsiębiorstw),

x – wskaźnik WB ,

y – za y przyjęto następujące wskaźniki: PK , PM , OM .

Współczynnik przyjmuje wartości z przedziału $r_s \in <-1; 1>$. Dodatnie wartości współczynników wskazują na zależność pozytywną, czyli wraz ze wzrostem wartości zmiennej x , wzrasta wartość zmiennej y . Ujemne wartości współczynników wskazują na zależność negatywną, czyli wraz ze wzrostem wartości zmiennej x , maleje wartość zmiennej y .

8.3. Wyniki badań i ich analiza

Analizy statystyczne zostały przeprowadzone przy użyciu programu komputerowego SPSS-26. Wyniki podstawowych statystyk opisowych wraz z testem normalności Kołmogorowa Smirnowa z poprawką Lilieforsa dla metod redukcji odpadów budowlanych zostały zaprezentowane w tabeli 8.2. Wyniki zostały zaprezentowane od najwyższej do najniższej średniej arytmetycznej (M).

Tabela 8.2. Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa dla metod redukcji odpadów budowlanych.

#	Metody redukcji odpadów budowlanych	Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa								
		M	Me	SD	Sk	$Kurt$	Min	$Maks$	D	p
1	Ochrona budowy.	4,41	5,00	1,48	-2,42	4,38	0,00	5,00	0,48	<0,001
2	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów.	4,11	5,00	1,60	-1,61	1,20	0,00	5,00	0,43	<0,001
3	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami.	3,54	5,00	1,97	-0,88	-0,89	0,00	5,00	0,36	<0,001
4	Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	3,50	5,00	1,96	-0,81	-1,03	0,00	5,00	0,35	<0,001
5	Odpowiednie magazynowanie.	3,48	4,00	1,75	-0,66	-1,03	0,00	5,00	0,29	<0,001

6	Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości.	3,29	4,00	1,79	-0,56	-1,15	0,00	5,00	0,24	<0,001
7	Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych.	2,99	5,00	2,28	-0,39	-1,71	0,00	5,00	0,33	<0,001
8	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców.	2,69	2,00	1,79	0,02	-1,40	0,00	5,00	0,18	<0,001
9	Segregacja odpadów na budowie.	2,28	2,00	2,17	0,16	-1,73	0,00	5,00	0,25	<0,001
10	Ponowne użycie wyrobów na budowie.	1,92	2,00	1,43	0,54	-0,48	0,00	5,00	0,19	<0,001
11	Posiadanie planu wywożenia odpadów.	1,89	0,00	2,33	0,51	-1,67	0,00	5,00	0,36	<0,001
12	Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów.	1,69	1,00	1,81	0,89	-0,67	0,00	5,00	0,29	<0,001
13	Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych.	1,26	1,00	1,55	1,22	0,57	0,00	5,00	0,24	<0,001
	Wskaźnik ogólnej liczebności stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych	37,05	39,00	12,63	-0,14	-0,54	8,00	65,00	0,09	0,011

M - średnia arytmetyczna, *Me* - mediana, *SD* - odchylenie standardowe, *Sk* - skośność, *Kurt* - kurtოza, *Min* - wynik minimalny, *Maks* - wynik maksymalny, *D* - test normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa, *p* - prawdopodobieństwo.

Wyniki podstawowych statystyk opisowych wraz z testem normalności Kołmogorowa Smirnowa z poprawką Lilieforsa dla metod redukcji odpadów budowlanych podzielonych według rodzaju wyrobów budowlanych zostały zaprezentowane w tabeli 8.3. Wyniki zostały zaprezentowane od najwyższej do najniższej średniej arytmetycznej (*M*).

Tabela 8.3. Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa dla metod redukcji odpadów budowlanych podzielonych według rodzaju wyrobów budowlanych.

#	Metody redukcji odpadów budowlanych podzielonych według rodzaju wyrobów budowlanych	Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa								
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk</i>	<i>Kurt</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>	<i>D</i>	<i>p</i>
1	Metody redukcji odpadów stalowych	7,79	8,00	2,26	-0,05	-0,32	2,00	12,00	0,10	0,001
2	Metody redukcji odpadów drewnianych	7,19	8,00	2,92	-0,61	-0,20	0,00	12,00	0,13	<0,001
3	Metody redukcji odpadów betonowych	6,83	7,00	2,48	0,12	-0,29	1,00	12,00	0,10	<0,001

4	Metody redukcji odpadów z wyrobów drobnowymiarowych	6,03	6,50	3,11	-0,30	-0,60	0,00	12,00	0,12	<0,001
5	Metody redukcji odpadów z wyrobów wykończeniowych	5,92	6,00	2,95	-0,35	-0,37	0,00	12,00	0,12	<0,001

M - średnia arytmetyczna, *Me* - mediana, *SD* - odchylenie standardowe, *Sk* - skośność, *Kurt* - kurtoza, *Min* - wynik minimalny, *Maks* - wynik maksymalny, *D* - test normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa, *p* - prawdopodobieństwo.

Wyniki podstawowych statystyk opisowych wraz z testem normalności Kołmogorowa Smirnowa z poprawką Lilieforsa dla czynników behawioralnych zostały zaprezentowane w tabeli 8.4. Wyniki zostały zaprezentowane od najwyższej do najniższej średniej arytmetycznej (*M*).

Tabela 8.4. Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa dla czynników behawioralnych.

#	Czynniki behawioralne	Podstawowe statystyki opisowe wraz z testem normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa								
		<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>SD</i>	<i>Sk</i>	<i>Kurt</i>	<i>Min</i>	<i>Maks</i>	<i>D</i>	<i>p</i>
1	Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.	2,54	3,00	0,54	-0,56	-0,87	1,00	3,00	0,36	<0,001
2	Chęć wdrażania przyszłych działań związanych z zarządzaniem odpadami budowlanymi.	2,46	2,00	0,57	-0,43	-0,79	1,00	3,00	0,32	<0,001
3	Skuteczność własnych działań pracownika minimalizujących generowanie odpadów budowlanych.	2,36	2,00	0,59	-0,28	-0,67	1,00	3,00	0,31	<0,001
4	Świadomość pracownika w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi.	2,33	2,00	0,54	0,03	-0,73	1,00	3,00	0,36	<0,001
5	Świadomość na temat zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.	2,31	2,00	0,67	-0,44	-0,75	1,00	3,00	0,27	<0,001
6	Skuteczność przepisów dotyczących redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie.	2,26	2,00	0,65	-0,33	-0,72	1,00	3,00	0,28	<0,001

7	Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.	2,25	2,00	0,69	-0,37	-0,87	1,00	3,00	0,25	<0,001
Ogólny wskaźnik behawioralny		2,28	2,38	0,38	-0,42	-0,29	1,25	3,00	0,14	<0,001

M - średnia arytmetyczna, *Me* - mediana, *SD* - odchylenie standardowe, *Sk* - skośność, *Kurt* - kurtoza, *Min* - wynik minimalny, *Maks* - wynik maksymalny, *D* - test normalności rozkładu Kołmogorowa-Smirnowa z poprawką Lilieforsa, *p* – prawdopodobieństwo

Za poziom istotności przyjęto $\alpha = 0,05$. Jeżeli $p \leq \alpha \Rightarrow$ odrzucono H_0 przyjmując H_1 , co oznacza, że rozkład zmiennej jest odchylony od rozkładu normalnego. Analiza wykazała, że żadna z trzech analizowanych zmiennych ilościowych (1. metody redukcji odpadów budowlanych, 2. metody redukcji odpadów budowlanych podzielonych według rodzaju wyrobów budowlanych, 3. czynniki behawioralne) nie przyjmowała rozkładu zgodnego z rozkładem normalnym. Niemniej, biorąc pod uwagę wartości skośności mieszczące się w przedziale -2;2, można przyjąć, że odchylenie od krzywej Gaussa w przypadku tych zmiennych nie było znaczące [George, Mallery, 2016].

Obliczanie wskaźników

Na potrzeby analiz utworzone zostały wskaźniki:

1. Wskaźnik *PM* liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych.
 $PM = 5$
Wartość *PM* jest uwarunkowana liczbą badanych wyrobów budowlanych.
2. Wskaźnik *PK* liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych.
 $PK = 13$
Wartość *PK* wynika z liczby badanych metod redukcji odpadów budowlanych.
3. Wskaźnik *OM* ogólnej liczebności stosowanych metod.
 $OM = 65$
Wartość *OM* wynika z maksymalnej liczby metod, jaka mogła być zastosowana przez przedsiębiorstwo.
4. Wskaźnik *WB*, który jest ogólnym wskaźnikiem behawioralnym, będący średnią oceną wszystkich pytań dotyczących czynników behawioralnych.
 $WB = 2,28$

Wartość maksymalna wskaźnika *PM* pojedynczej metody wynosi 5, ponieważ każda metoda była zbadana w odniesieniu do 5 rodzajów badanych wyrobów. Każde przedsiębiorstwo mogło mieć maksymalnie 13 metod dla danego wyrobu, czyli wartość maksymalna dla wskaźnika *PK* poszczególnych kategorii odpadów wynosi 13. Natomiast biorąc pod uwagę, że kategorii odpadów było 5 to maksymalna wartość wskaźnika *OM* stosowanych metod w

przedsiębiorstwie wynosi 65. Utworzono także ogólny wskaźnik behawioralny *WB*, będący średnią oceną wszystkich pytań dotyczących czynników behawioralnych. Średnia wartość tego wskaźnika w próbie wynosiła 2,28 a maksymalna wartość 3.

8.3.1. Zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikiem liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych

W celu ustalenia zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikiem liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych, przeprowadzono analizę korelacji z uwzględnieniem współczynnika *rho* Spearmana. Obliczenia przeprowadzono przyjmując za zmienną *x* wskaźnik *WB*, a za zmienną *y* wskaźniki *PK*. Szczegółowe wyniki analiz zamieszczono w tabeli 8.5.

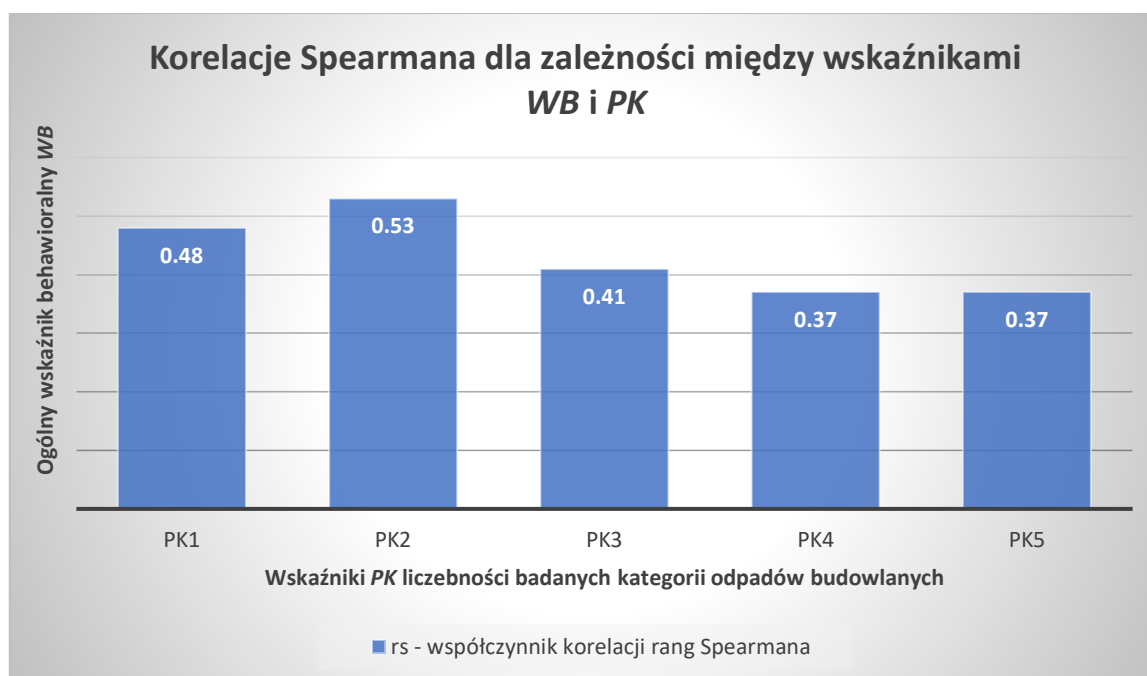
Tabela 8.5. Korelacje Spearmana dla zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych.

Wskaźniki liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych <i>PK</i>		Ogólny wskaźnik behawioralny <i>WB</i>	
		<i>r_s</i>	<i>p</i>
<i>PK1</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów stalowych	0,48	<0,001
<i>PK2</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów betonowych	0,53	<0,001
<i>PK3</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów z wyrobów drobnowymiarowych	0,41	<0,001
<i>PK4</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów z wyrobów wykończeniowych	0,37	<0,001
<i>PK5</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów drewnianych	0,37	<0,001

r_s - współczynnik korelacji rang Spearmana, *p* – prawdopodobieństwo

Poniżej, na Rys. 8.2 przedstawiono wykres ilustrujący wyniki zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych.

Z tabeli 8.5 oraz rysunku 8.2 wynika, że wszystkie zbadane zależności są zależnościami pozytywnymi. Oznacza to, że wraz ze wzrostem *WB* wzrasta *PK*. Najsilniejszą zależność *WB* wykazuje, kolejno według wartości *r_s*, z *PK2*, *PK1*, *PK3*, *PK4* i *PK5* (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.5).



Rys. 8.2. Wyniki zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.5).

8.3.2. Zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikiem liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych

W celu ustalenia zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikiem liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych przeprowadzono analizę korelacji z uwzględnieniem współczynnika ρ Spearmana. Obliczenia przeprowadzono przyjmując za zmienną x wskaźnik WB , a za zmienną y wskaźniki PM . Szczegółowe wyniki analiz zamieszczono w tabeli 8.6.

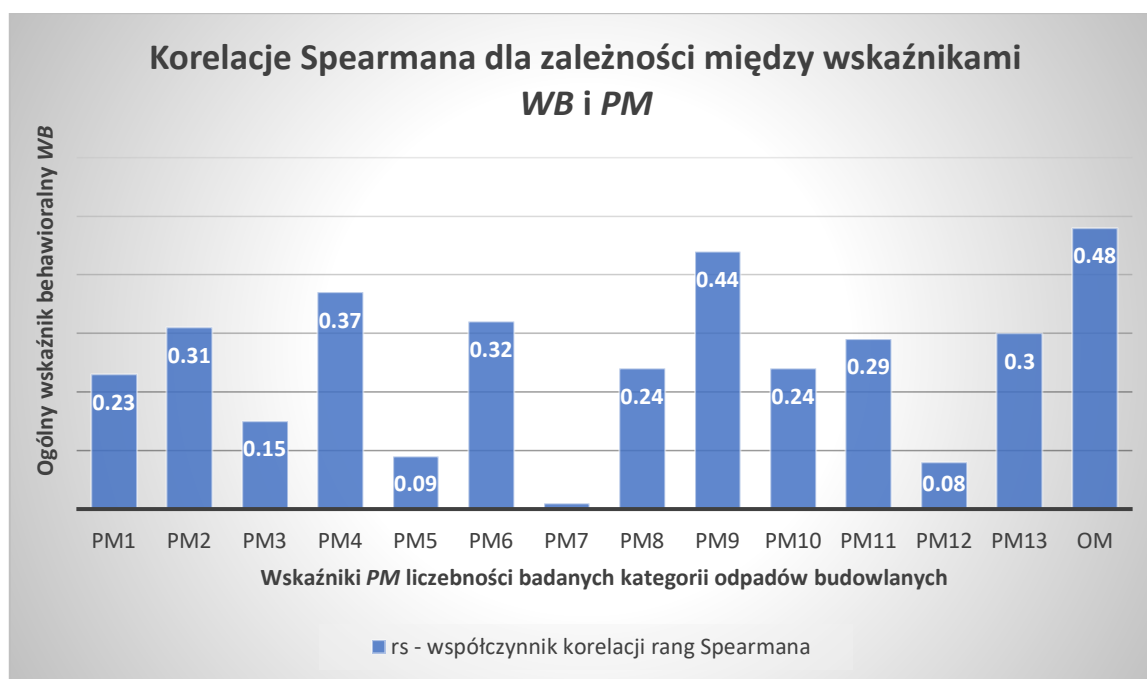
Tabela 8.6. Korelacje Spearmana dla zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych.

Wskaźniki liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych PM		Ogólny wskaźnik behawioralny WB	
		r_s	p
$PM1$	Odpowiednie magazynowanie.	0,23	0,005
$PM2$	Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości.	0,31	<0,001
$PM3$	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami.	0,15	0,074
$PM4$	Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych.	0,37	<0,001

PM5	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów.	0,09	0,267
PM6	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców.	0,32	<0,001
PM7	Ochrona budowy.	0,01	0,919
PM8	Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych.	0,24	0,004
PM9	Segregacja odpadów na budowie.	0,44	<0,001
PM10	Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów.	0,24	0,004
PM11	Ponowne użycie wyrobów na budowie.	0,29	0,001
PM12	Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	0,08	0,320
PM13	Posiadanie planu wywożenia odpadów.	0,30	<0,001
OM	Wskaźnik ogólnej liczebności stosownych metod	0,48	<0,001

r_s - współczynnik korelacji rang Spearmana, p - prawdopodobieństwo

Poniżej, na Rys. 8.3 przedstawiono wykres ilustrujący wyniki zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych.



Rys. 8.3. Wyniki zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.6).

Z tabeli 8.6 oraz rysunku 8.3 wynika, że wszystkie zbadane zależności są zależnościami pozytywnymi. Oznacza to, że wraz ze wzrostem WB wzrasta PM. Najsilniejszą zależność WB wykazuje, kolejno według wartości r_s , z OM, PM9, PM4, PM6 i PM2 (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.6).

8.3.3. Analiza wyników badań

Analiza podstawowych statystyk opisowych w tabelach 8.2, 8.3 i 8.4 pozwoliła określić częstość zastosowania metod redukcji odpadów budowlanych oraz poziom świadomości pracowników o zarządzaniu odpadami budowlanymi. Metody redukcji odpadów przeanalizowano w odniesieniu do pięciu rodzajów wyrobów budowlanych: stal, beton, wyroby drobnowymiarowe (ceramiczne, betonowe), wyroby wykończeniowe (płytki ceramiczne i kamienne) oraz drewno. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, co następuje:

1. Najczęściej stosowana metoda redukcji odpadów budowlanych to ‘Ochrona budowy’ ($M = 4,41$) a najrzadziej stosowana metoda to ‘Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych’ ($M = 1,26$) przy maksymalnej wartości $M = 5$.
2. Najczęściej stosowano metody redukcji odpadów dla stalowych wyrobów budowlanych ($M = 7,79$) a najrzadziej dla odpadów z wyrobów wykończeniowych ($M = 5,92$) przy maksymalnej wartości $M = 13$.
3. Badania poziomu świadomości pracowników na temat zarządzania odpadami budowlanymi wykazały, że Respondenci najwyżej oceniali ‘Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie’ ($M = 2,54$) a najniżej ‘Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie’ ($M = 2,25$) przy maksymalnej wartości $M = 3$.

Analiza wyników badań w tabelach od 8.5 do 8.6 pozwoliła określić, z dużym prawdopodobieństwem, zależności między czynnikami behawioralnymi a zastosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych. Ponadto, dla każdego wyniku, określono siłę zależności (SZ). Jako miernik siły przyjęto wartość współczynnika ρ Spearmana według klasyfikacji J. Guilford'a [Guilford, 1950]. Przyjęto następujące oznaczenia:

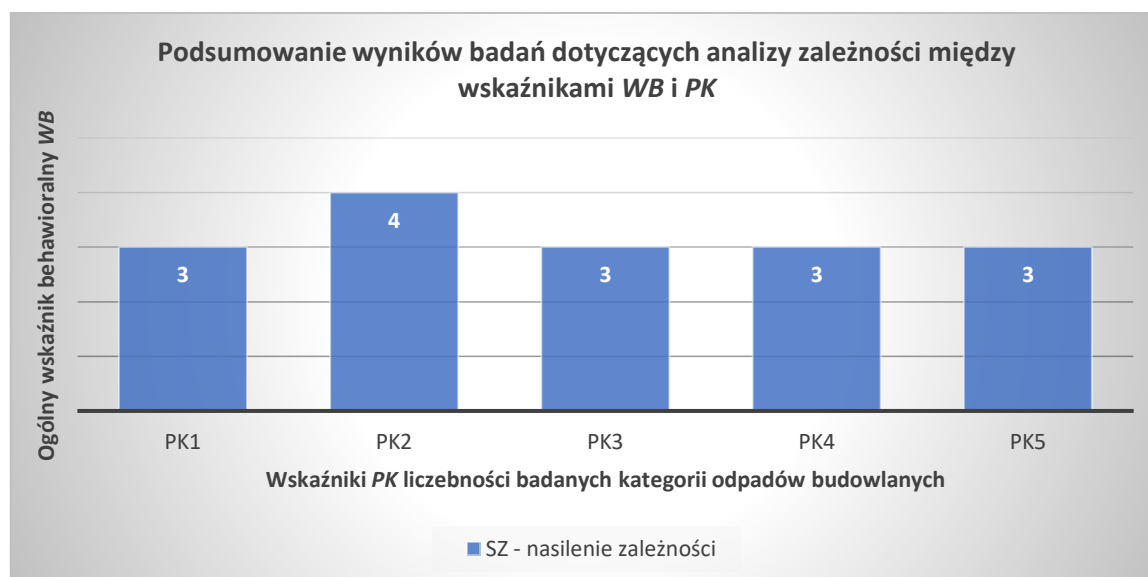
$SZ = 0$, oznacza brak zależności (gdy $r_s = 0$),
 $SZ = 1$, oznacza nikłą zależność (gdy r_s jest w przedziale $0.0 - 0.1$),
 $SZ = 2$, oznacza słabą zależność (gdy r_s jest w przedziale $0.1 - 0.3$),
 $SZ = 3$, oznacza umiarkowaną zależność (gdy r_s jest w przedziale $0.3 - 0.5$),
 $SZ = 4$, oznacza silną zależność (gdy r_s jest w przedziale $0.5 - 0.7$),
 $SZ = 5$, oznacza bardzo silną zależność (gdy r_s jest w przedziale $0.7 - 0.9$),
 $SZ = 6$, oznacza niemal pełną zależność (gdy r_s jest w przedziale $0.9 - 1.0$),
 $SZ = 7$, oznacza pełną zależność (gdy $r_s = 1$).

W przeprowadzonych badaniach nie odnotowano siły zależności pomiędzy badanymi zmiennymi na poziomie $SZ=0$, $SZ=5$, $SZ=6$ i $SZ=7$. Podsumowanie wyników badań dotyczących analizy korelacji między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym WB a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych PK zaprezentowano w tabeli 8.7.

Tabela 8.7. Podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych *PK*.

Wskaźniki liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych <i>PK</i>		Ogólny wskaźnik behawioralny <i>WB</i>			
		Siła zależności (<i>SZ</i>)			
		1	2	3	4
<i>PK1</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów stalowych			x	
<i>PK2</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów betonowych				x
<i>PK3</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów z wyrobów drobnowymiarowych			x	
<i>PK4</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów z wyrobów wykończeniowych			x	
<i>PK5</i>	Wskaźnik liczebności metod redukcji odpadów drewnianych			x	

Poniżej, na Rys. 8.4 przedstawiono wykres ilustrujący podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych *PK*.



Rys. 8.4. Podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.7).

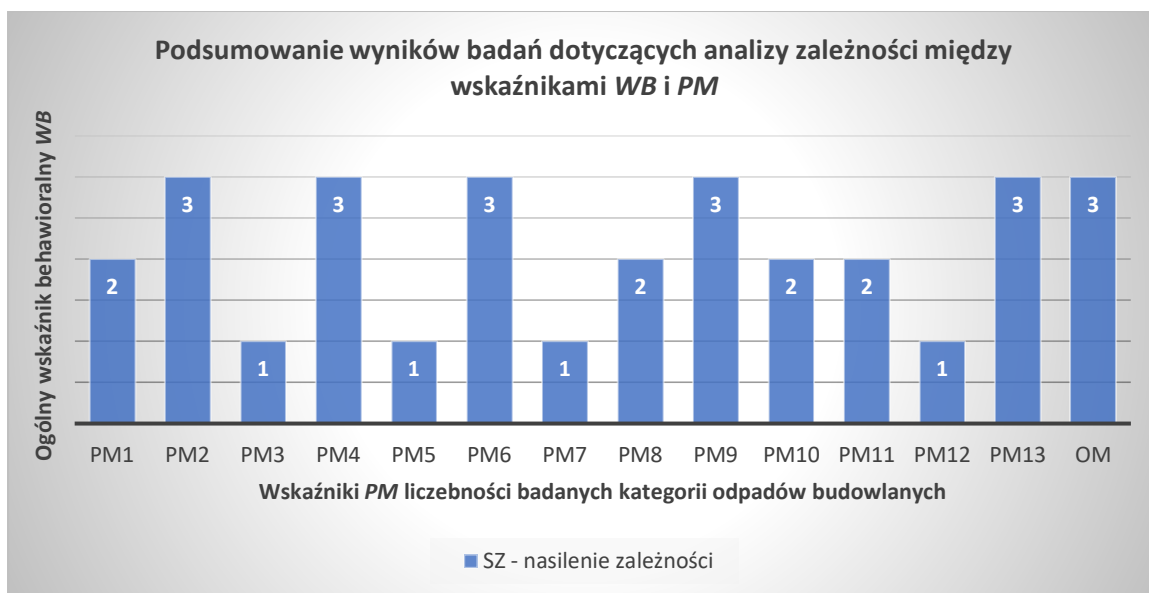
Z tabeli 8.7 oraz rysunku 8.4 wynika, że siła zależności między wskaźnikiem *WB* a *PK2* jest najsilniejsza i znajduje się na poziomie 4, natomiast siła między *WB* a pozostałymi wskaźnikami *PK* jest na poziomie 3 (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.7).

Podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych *PM* zaprezentowano w tabeli 8.8.

Tabela 8.8. Podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych *PM*.

Wskaźniki liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych <i>PM</i>		Ogólny wskaźnik behawioralny <i>WB</i>			
		Siła zależności (<i>SZ</i>)			
		1	2	3	4
<i>PM1</i>	Odpowiednie magazynowanie.		x		
<i>PM2</i>	Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości.			x	
<i>PM3</i>	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami.	x			
<i>PM4</i>	Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych.			x	
<i>PM5</i>	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów.	x			
<i>PM6</i>	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców.			x	
<i>PM7</i>	Ochrona budowy.	x			
<i>PM8</i>	Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych.		x		
<i>PM9</i>	Segregacja odpadów na budowie.			x	
<i>PM10</i>	Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów.		x		
<i>PM11</i>	Ponowne użycie wyrobów na budowie.		x		
<i>PM12</i>	Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie.	x			
<i>PM13</i>	Posiadanie planu wywożenia odpadów.			x	
<i>OM</i>	Wskaźnik ogólnej liczebności stosowanych metod			x	

Poniżej, na Rys. 8.5 przedstawiono wykres ilustrujący podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych *PM*.



Rys. 8.5. Podsumowanie wyników badań dotyczących analizy zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.8).

Z tabeli 8.8 oraz rysunku 8.5 wynika, że siła zależności między wskaźnikiem WB a OM i pięcioma wskaźnikami PM (PM2, PM4, PM6, PM9, PM13) znajduje się na poziomie 3, siła zależności między WB a czterema wskaźnikami PM (PM1, PM8, PM10, PM11) jest na poziomie 2, natomiast siła zależności między WB a pozostałymi czterema wskaźnikami PM (PM3, PM5, PM7, PM12) jest na poziomie 1 (dane źródłowe i oznaczenia wskaźników w tabeli 8.8).

8.4. Wnioski

W rozdziale 8 przeanalizowano wpływ czynników behawioralnych na stosowanie metod redukcji odpadów budowlanych w odniesieniu do 5 kategorii wyrobów budowlanych: stalowych, betonowych, wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych.

1. Podstawowe statystyki opisowe pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:
 - a. Najczęściej stosowana metoda redukcji odpadów budowlanych to ‘Ochrona budowy’.
 - b. Najrzadziej stosowana metoda redukcji odpadów budowlanych to ‘Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych’.
 - c. Najczęściej stosowano metody redukcji odpadów dla betonowych wyrobów budowlanych.
 - d. Najrzadziej stosowano metody redukcji odpadów dla wyrobów wykończeniowych i drewnianych.

- e. Najwyżej oceniono czynnik behawioralny 'Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie'.
 - f. Najniżej oceniono czynnik behawioralny 'Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie'.
2. Na podstawie wyników analizy zależności między czynnikami behawioralnymi dotyczącymi zarządzania odpadami budowlanymi a zastosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych sformułowano następujące wnioski:
- a. Wyniki wszystkich przeprowadzonych badań wykazały pozytywne zależności, co oznacza, że wraz ze wzrostem poziomu świadomości wzrasta liczba stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych.
 - b. Analiza zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikiem ogólnej liczebności stosowanych metod *OM* wykazała silną zależność ($SZ = 4$). Oznacza to, że wraz ze wzrostem poziomu świadomości wzrasta liczebność stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych.
 - c. Analiza zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych *PK* wykazała:
- Silną zależność ($SZ = 4$) dla:
- wskaźnika liczebności metod redukcji odpadów betonowych (*PK2*).
- Umiarkowaną zależność ($SZ = 3$) dla:
- wskaźnika liczebności metod redukcji odpadów stalowych (*PK1*),
 - wskaźnika liczebności metod redukcji odpadów drobnowymiarowych (*PK3*),
 - wskaźnika liczebności metod redukcji odpadów wykończeniowych (*PK4*),
 - wskaźnika liczebności metod redukcji odpadów drewnianych (*PK5*).
3. Analiza zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym *WB* a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych *PM* wykazała:
- a. Brak silnej zależności ($SZ = 4$) wśród badanych metod redukcji odpadów budowlanych.
 - b. Umiarkowaną zależność ($SZ = 3$) dla pięciu metod:
 - Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości (*PM2*).
 - Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych (*PM4*).
 - Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców (*PM6*).
 - Segregacja odpadów na budowie (*PM9*).
 - Posiadanie planu wywożenia odpadów (*PM13*).
 - c. Słabą zależność ($SZ = 2$) dla czterech metod:
 - Odpowiednie magazynowanie (*PM1*).
 - Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych (*PM8*).
 - Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów (*PM10*).

- Ponowne użycie wyrobów na budowie (*PM11*).
- d. Nikłą zależność ($SZ = 1$) dla czterech metod:
- Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami (*PM3*).
 - Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów (*PM5*).
 - Ochrona budowy (*PM7*).
 - Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie (*PM12*).

9. Podsumowanie

Produkcja odpadów budowlanych w całym cyklu życia budynku jest procesem złożonym. Generowanie odpadów budowlanych występuje w każdej fazie życia budynku i wymaga odpowiednio dobranych metod minimalizujących ich ilość. Ograniczenia mające wpływ na odpowiednie wdrażanie tych metod w życie zależą od wielu czynników, jak np. praktyki stosowane w przedsiębiorstwach budowlanych.

Na podstawie przeglądu literatury, Autorka dysertacji zauważyła, że istnieje niewiele badań naukowych na temat źródeł i czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych, oraz że brakuje badań na temat roli czynników behawioralnych w zarządzaniu odpadami budowlanymi [Jin i inni, 2019]. W związku z tym, Autorka dysertacji podjęła badania, których celem było:

- 1) Zidentyfikowanie metod redukcji odpadów budowlanych stosowanych w odniesieniu do pięciu grup wyrobów budowlanych w przedsiębiorstwach o różnej wielkości.
- 2) Określenie rankingu czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w procesie inwestycyjnym w przedsiębiorstwach różnej wielkości.
- 3) Określenie wpływu czynników behawioralnych na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach różnej wielkości.

9.1. Metody redukcji odpadów budowlanych stosowane w przedsiębiorstwach budowlanych

Na podstawie wyników badań ankietowych przeprowadzonych w przedsiębiorstwach budowlanych różnej wielkości w odniesieniu do pięciu wybranych grup wyrobów budowlanych, przeanalizowano:

- częstotliwość stosowania poszczególnych metod redukcji odpadów w odniesieniu do: wyrobów stalowych, betonowych, drobnowymiarowych betonowych i ceramicznych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna.
- zależność między stosowaniem analizowanych metod redukcji odpadów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa,

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Dla wyrobów stalowych najczęściej stosowane są następujące metody redukcji odpadów budowlanych: Odpowiednie magazynowanie, Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości, Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, Ochrona budowy, Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie. Wynik ten pokazuje, jak ważne dla przedsiębiorców jest właściwe zarządzanie wyrobami stalowymi na etapie zamawiania wyrobów, transportu, rozładowywania, prawidłowego zarządzania i ochrony.

2. Dla wyrobów betonowych najczęściej stosowane są następujące metody redukcji odpadów budowlanych: Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, Ochrona budowy. Świadczy to, o tym, że w badanych przedsiębiorstwach głównie dba się o wyroby betonowe na etapie zarządzania, ponieważ transport i rozładowywanie wyrobów jest zapewniony przez dostawców a ochrona budowy jest wymogiem.
3. Dla wyrobów drobnowymiarowych i wykończeniowych najczęściej stosowane są następujące metody redukcji odpadów budowlanych: Ochrona budowy, Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów. Wynik ten pokazuje, że najmniej uwagi, wśród badanych grup wyrobów, poświęca się na minimalizację odpadów tych wyrobów, ponieważ transport i rozładowywanie jest zapewniony przez dostawców a ochrona budowy jest wymagana w przepisach.
4. Dla wyrobów drewnianych najczęściej stosowane są następujące metody redukcji odpadów budowlanych: Prawidłowe magazynowanie, Szkolenie pracowników, Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, Ochrona budowy, Ponowne użycie wyrobów na budowie. Co pokazuje, że wyroby drewniane są uważane za cenniejsze niż wyroby drobnowymiarowe, wykończeniowe i betonowe, ponieważ są prawidłowo magazynowane, co chroni je przed zniszczeniem i ponownie używane na budowie, co przekłada się na korzyści finansowe.
5. Dla siedmiu, spośród trzynastu analizowanych metod redukcji odpadów, stwierdzono **zależność** ich stosowania od wielkości przedsiębiorstwa. Do metod tych należą: odpowiednie magazynowanie wyrobów budowlanych, szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, stosowanie systemów monitorujących, odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, odpowiednie zaangażowanie podwykonawców, zastosowanie elementów prefabrykowanych i ponowne użycie wyrobów na budowie. Wraz ze wzrostem wielkości przedsiębiorstwa metody te są częściej stosowane, co świadczy o tym, że im większe przedsiębiorstwo, tym większe zaangażowanie pracowników w minimalizację odpadów.
6. Dla pozostałych sześciu metod, nie stwierdzono zależności ich stosowania od wielkości przedsiębiorstwa. Do metod tych należą: zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości, ochrona budowy, segregacja odpadów na budowie, wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów na budowie, dostawa wyrobów w odpowiednim czasie i posiadanie planu wywożenia odpadów. Częstość stosowania tych metod, dla pięciu analizowanych grup wyrobów budowlanych, jest porównywalna w przedsiębiorstwach różnej wielkości.
7. Wśród wszystkich badanych grup przedsiębiorstw, najczęściej stosowano metody redukcji odpadów dla stalowych wyrobów budowlanych, z powodu wartości tego wyrobu. Natomiast najrzadziej, dla wyrobów wykończeniowych, prawdopodobnie z powodu małych rozmiarów odpadów.

Zbadano również jakie metody redukcji odpadów są najczęściej stosowane w przedsiębiorstwach poszczególnych wielkości. I tak:

8. W przedsiębiorstwach zatrudniających 250 i więcej pracowników najczęściej stosowane są następujące metody: 'Odpowiednie magazynowanie' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna; 'Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych; 'Stosowanie systemów monitorujących' w odniesieniu do wyrobów stalowych, betonowych i płytek ceramicznych i kamiennych; 'Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych; 'Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i drewna. Wynik ten jest dowodem na to, że największe przedsiębiorstwa redukują ilość odpadów budowlanych z każdej badanej grupy wyrobów, poprzez, między innymi, prawidłowe zarządzanie wyrobami, szkolenie pracowników i angażowanie podwykonawców.
9. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 100 do 249 pracowników najczęściej stosowane są następujące metody: 'Odpowiednie magazynowanie' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna; 'Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych; 'Stosowanie systemów monitorujących' w odniesieniu do wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych; 'Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych; 'Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców' w odniesieniu do wyrobów stalowych; 'Ponowne użycie wyrobów na budowie' w odniesieniu do wyrobów betonowych, drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewna. Wynik ten jest dowodem na to, że przedsiębiorstwa tej wielkości, oprócz prawidłowego zarządzania wyrobami, szkolenia pracowników i angażowania podwykonawców, dbają również o redukcję odpadów poprzez ponowne użycie wyrobów na budowie.
10. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 50 do 99 pracowników najczęściej stosowane są następujące metody: 'Odpowiednie magazynowanie' w odniesieniu do wyrobów drewnianych; 'Stosowanie systemów monitorujących' w odniesieniu do wyrobów stalowych, betonowych i drewnianych; 'Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców' w odniesieniu do wyrobów stalowych i drewnianych; 'Ponowne użycie wyrobów na budowie' w odniesieniu do wyrobów z płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych. Co oznacza, że w przedsiębiorstwach tej wielkości ważne jest redukowanie odpadów poprzez prawidłowe magazynowanie, monitorowanie zużycia wyrobów, zaangażowanie podwykonawców i również ponowne użycie wyrobów na budowie.
11. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 10 do 49 pracowników najczęściej stosowane są następujące metody: 'Odpowiednie magazynowanie' w odniesieniu do wyrobów z płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych; 'Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych; 'Odpowiedni

transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych; ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych. Wynik ten oznacza, jak ważne jest dla przedsiębiorstw tej wielkości dbałość o wyroby wykończeniowe, drewniane i drobnowymiarowe, co wyraża się właściwym zarządzaniem tymi wyrobami i szkoleniem pracowników.

12. W przedsiębiorstwach zatrudniających od 1 do 9 pracowników najczęściej stosowane są następujące metody: ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych i ‘Ponowne użycie wyrobów na budowie’ w odniesieniu do wyrobów betonowych, drobnowymiarowych i drewnianych. Jest to dowód na to, że w najmniejszych przedsiębiorstwach dba się o wyroby drobnowymiarowe i ceni się ponowne użycie wyrobów betonowych, drobnowymiarowych i drewnianych, co ma oczywiste przełożenie na korzyści finansowe.
13. Najczęściej stosowaną metodą redukcji odpadów budowlanych, wśród wszystkich badanych przedsiębiorstw, jest ‘Ochrona budowy’, ponieważ jest to wymóg urzędowy. Najrzadziej stosowaną metodą jest ‘Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych’, prawdopodobnie z powodu charakterystyki rozwiązań konstrukcyjnych wznoszonych budynków.
14. Autorka zauważyła, że największe przedsiębiorstwa stosują najczęściej najwięcej metod redukcji odpadów wśród badanych grup przedsiębiorstw. Dodatkowo, metody stosowane przez trzy największe grupy przedsiębiorstw (250 i więcej pracowników, od 100 do 249 pracowników, od 50 do 99 pracowników) dotyczą zarządzania odpadami poprzez, między innymi, korzystanie z usług podwykonawców, podnoszenie umiejętności i wiedzy pracowników poprzez szkolenie ich, i również stosowanie systemów monitorujących, co świadczy o wielowarstwowej procedurze zarządzania odpadami. Wraz z malejącą liczbą pracowników, maleje liczba stosowanych najczęściej metod redukcji odpadów. I tak, najmniejsze przedsiębiorstwa z badanych grup, stosują najczęściej tylko dwie metody, które nie wymagają skomplikowanej logistyki, czyli odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, co jest zapewnione przez dostawców i ponowne użycie wyrobów na budowie, co prawdopodobnie jest podyktowane oszczędnością.

9.2. Ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach o różnej wielkości

Stworzono ranking 30 czynników wpływających na generowanie odpadów budowlanych zidentyfikowanych w fazie projektowej oraz fazy budowy, a także dotyczących zarządzania wyrobami i związanych z kulturą pracy. Analiza tych czynników pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. W fazie projektowania, według oceny Respondentów, duży wpływ na generowanie odpadów mają następujące czynniki: wybór wyrobów o niskiej jakości, zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy, brak doświadczenia wykonawczego u projektanta,

błędy w dokumentach projektowych, brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych i niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy. Średni wpływ na generowanie odpadów mają następujące czynniki: brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą, brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych, zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych i zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych.

2. W fazie budowy, czynnikami mającymi duży wpływ na generowanie odpadów budowlanych są: błędy pracowników, użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany, szkody spowodowane przez dostawców, spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy, wypadki i katastrofy. Średni wpływ na generowanie odpadów mają następujące czynniki: Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem, warunki atmosferyczne i używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu.
3. W aspekcie zarządzania wyrobami budowlanymi wszystkie czynniki oceniono jako mające średni wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Czynnikiem najwyższej ocenionym jest: niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów. Czynnikiem najniższej ocenionym jest: kradzież lub wandalizm.
4. Wszystkie czynniki związane z kulturą pracy zostały ocenione jako mające duży wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Czynnikiem najwyższej ocenionym jest: brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie, a najniższej: brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami.
5. W fazie projektowania, w fazie budowy, w aspekcie zarządzania wyrobami budowlanymi i wśród czynników związanych z kulturą pracy nie zidentyfikowano czynników o minimalnym, małym i bardzo dużym wpływie na generowanie odpadów. W aspekcie zarządzania wyrobami budowlanymi, żadne z badanych czynników nie zostały ocenione jako mające duży wpływ na generowanie wyrobów. Wśród czynników związanych z kulturą pracy, żadne z badanych czynników nie zostały ocenione jako mające średni wpływ na generowanie wyrobów.
6. Na podstawie rankingu wszystkich analizowanych czynników, czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych jest: brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie. Co oznacza, że pracownicy uważają za ważne właściwe zarządzanie odpadami i wyrobami na budowie.
7. Dokładnie połowa z 30 badanych czynników znajduje się w grupie czynników mających duży wpływ na generowanie odpadów. Na podstawie otrzymanych wyników Autorka przyjęła, że Respondenci są chętni do uczestniczenia w szkoleniach dotyczących zarządzania odpadami na budowie i doceniają wartość podnoszenia świadomości o negatywnym wpływie odpadów na środowisko. Dodatkowo Respondenci uważają za znaczące dla redukcji odpadów budowlanych, między innymi, stosowanie wyrobów o

wysokiej jakości, właściwe magazynowanie wyrobów i posiadanie planu zarządzania wyrobami i odpadami budowlanymi.

8. Czynnikiem wpływającym na generowanie najmniejszej ilości odpadów budowlanych wśród wszystkich czynników jest: kradzież lub wandalizm. Powodem, dla którego ten czynnik jest najniżej oceniany jest ogólne poczucie bezpieczeństwa w ZEA [Gueraiche i Alexander, 2022].
9. Na podstawie wyników testu Kruskala-Wallisa i post hoc Dunna, dla 19 czynników, stwierdzono istotne różnice, w ocenie wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych, dokonanej przez pracowników przedsiębiorstw różnej wielkości. Różnice takie stwierdzono dla następujących czynników:
- ✓ brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych,
 - ✓ niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy,
 - ✓ zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych,
 - ✓ brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą,
 - ✓ błędy pracowników,
 - ✓ szkody spowodowane przez dostawców,
 - ✓ brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem,
 - ✓ używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu,
 - ✓ warunki atmosferyczne,
 - ✓ uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie,
 - ✓ dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów,
 - ✓ kradzież lub wandalizm,
 - ✓ wyrzucanie opakowań,
 - ✓ brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobu,
 - ✓ zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji,
 - ✓ brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami,
 - ✓ brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami,
 - ✓ brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko,
 - ✓ brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie.

10. Nie stwierdzono istotnych różnic w ocenie wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach różnej wielkości dla następujących 11 czynników:

- ✓ zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy,
- ✓ brak doświadczenia wykonawczego u projektanta,
- ✓ błędy w dokumentach projektowych,
- ✓ zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych,
- ✓ brak wiedzy u projektanta o produktach zastępczych,
- ✓ wybór produktów o niskiej jakości,
- ✓ wypadki, katastrofy,

- ✓ użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany,
- ✓ spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy,
- ✓ niewłaściwe przechowywanie i magazynowanie,
- ✓ błędy w zamawianiu wyrobów.

Pracownicy wszystkich grup przedsiębiorstw oceniali powyższe czynniki podobnie.

9.3. Wpływ czynników behawioralnych na zarządzanie odpadami budowlanymi

Zbadano wpływ 7 czynników behawioralnych na stosowanie 13 metod redukcji odpadów budowlanych w odniesieniu do 5 grup wyrobów budowlanych: stalowych, betonowych, wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych oraz drewnianych. Były to następujące czynniki:

- Świadomość pracownika w zakresie potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi.
- Świadomość na temat zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.
- Skuteczność własnych działań pracownika minimalizujących generowanie odpadów budowlanych.
- Skuteczność przepisów dotyczących redukcji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie.
- Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.
- Chęć wdrażania przyszłych działań związanych z zarządzaniem odpadami budowlanymi.
- Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie.

1. Na podstawie wartości średniej odpowiedzi Respondentów dotyczących stosowania badanych metod redukcji odpadów sformułowano następujące wnioski:

- a) Najwyżej oceniono czynnik behawioralny ‘Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie’. Wynik ten oznacza, że Respondenci są chętni do uczestniczenia w szkoleniach i uważają za istotne pogłębianie wiedzy dotyczącej zarządzania odpadami budowlanymi.
- b) Najniżej oceniono czynnik behawioralny ‘Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie’, co oznacza, że nadzór nad zarządzaniem odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie nie jest wystarczająco skuteczny i powinien zostać wzmocniony.

2. Zależności między czynnikami behawioralnymi dotyczącymi zarządzania odpadami budowlanymi a zastosowaniem metod redukcji odpadów budowlanych zbadano przy użyciu wskaźników. Do tych wskaźników należą: ogólny wskaźnik behawioralny; wskaźnik liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych; wskaźnik liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych; wskaźnik ogólnej liczebności stosowanych

metod. Następnie przeprowadzono analizę korelacji z uwzględnieniem współczynnika *rho* Spearmana, która wykazała, co następuje:

- a. Najsilniejsza zależność, między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych istnieje dla odpadów betonowych, natomiast najsłabsza występuje dla odpadów drewnianych. Wynik ten oznacza, że im wyższy poziom świadomości pracowników tym częściej pracownicy stosują więcej metod redukcji odpadów dla wyrobów betonowych.
- b. Najsilniejsza zależność, między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych, istnieje dla metody 'Segregacja odpadów na budowie'. Wynik ten oznacza, że im wyższy poziom świadomości pracowników tym częściej pracownicy segregują odpady na placu budowy. Natomiast najsłabsza zależność istnieje dla metody 'Ochrona budowy', co oznacza, że zwiększenie świadomości pracowników ma słaby wpływ na zapewnienie ochrony na budowie.
- c. Zależność między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a ogólnym wskaźnikiem liczebności wszystkich stosowanych metod była większa od zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a jakąkolwiek pojedynczą metodą. Oznacza to, że zwiększenie świadomości pracowników o zarządzaniu odpadami budowlanymi ma większy wpływ na stosowanie wielu różnych metod razem niż każdej z nich pojedynczo.

Podsumowując, wszystkie badane zależności wykazały, że wraz ze wzrostem poziomu świadomości wzrasta liczba stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych.

Streszczenie

W niniejszej dysertacji zaprezentowano analizę wyników badań, które poszerzyły wiedzę na temat czynników wpływających na minimalizację odpadów budowlanych. W prezentowanej pracy zidentyfikowano metody redukcji odpadów budowlanych stosowane w zależności od wielkości przedsiębiorstwa w odniesieniu do 5 grup wyrobów budowlanych: betonowych, stalowych, drobnowymiarowych, drewnianych oraz wykończeniowych (płytek ceramicznych i kamiennych). Do metod tych należą: odpowiednie magazynowanie wyrobów budowlanych, szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami, stosowanie systemów monitorujących, odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów, odpowiednie zaangażowanie podwykonawców, zastosowanie elementów prefabrykowanych i ponowne użycie wyrobów na budowie. Zbadano również jakie metody redukcji odpadów są najczęściej i najrzadziej stosowane w przedsiębiorstwach poszczególnych wielkości w odniesieniu do badanych grup wyrobów budowlanych np.: w przedsiębiorstwach zatrudniających 250 i więcej pracowników najczęściej jest stosowana metoda 'Odpowiednie magazynowanie' w odniesieniu do wyrobów drobnowymiarowych, płytek ceramicznych i kamiennych, oraz drewna, a najrzadziej 'Zastosowanie elementów prefabrykowanych' w odniesieniu do wyrobów stalowych i drobnowymiarowych. Dodatkowo, stwierdzono, że najczęściej stosowana metoda redukcji odpadów budowlanych wśród wszystkich badanych przedsiębiorstw to 'Ochrona budowy', ponieważ jest to wymóg urzędowy, a najrzadziej stosowana metoda to 'Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych', prawdopodobnie z powodu charakterystyki rozwiązań konstrukcyjnych wznoszonych lokalnie budynków. Również zbadano najczęściej stosowane metody redukcji odpadów dla każdej grupy wyrobów budowlanych i tak, np.: dla wyrobów drewnianych najczęściej stosowane jest, między innymi, ponowne użycie wyrobów na budowie. Natomiast, wśród wszystkich badanych grup wyrobów, najczęściej stosowano metody redukcji odpadów dla stalowych wyrobów budowlanych, z powodu wartości tych wyrobów, a najrzadziej dla wyrobów wykończeniowych, z powodu małych rozmiarów tych odpadów. Dzięki zidentyfikowaniu metod redukcji odpadów budowlanych stosowanych w przedsiębiorstwach różnych wielkości dla każdej grupy wyrobów, można z łatwością zaplanować działania zapobiegające kultywacji złej praktyki budowlanej poprzez np. przeprowadzenie szkoleń i kierowanie dedykowanych wymagań do przedsiębiorstw różnej wielkości.

W prezentowanej pracy określono także ranking czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych. Utworzono ranking 30 czynników zidentyfikowanych w fazie projektowej, fazie budowy, dotyczących zarządzania wyrobami i związanych z kulturą pracy. W fazie projektowej największy wpływ na generowanie odpadów ma czynnik 'Wybór wyrobów o niskiej jakości', w fazie budowy: 'Błędy pracowników', w aspekcie zarządzania wyrobami budowlanymi: 'Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów', a wśród czynników związanych z kulturą pracy: 'Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami'. Czynnikiem wpływającym na generowanie największej ilości odpadów budowlanych wśród wszystkich czynników jest: 'Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie', co pokazuje wagę właściwego zarządzania odpadami i wyrobami na budowie. Stwierdzono również istotne różnice, w ocenie wpływu czynnika na generowanie odpadów budowlanych, w przedsiębiorstwach różnej

wielkości dla 19 czynników np. ocena wpływu czynnika 'Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych' na generowanie odpadów w przedsiębiorstwie zatrudniającym 100-249 pracowników jest wyższa od oceny w przedsiębiorstwie zatrudniającym 1-9 pracowników. Dzięki stworzeniu rankingu czynników mających wpływ na generowanie odpadów budowlanych, możliwa jest ocena wiedzy i świadomości, na temat produkcji odpadów budowlanych, pracowników w przedsiębiorstwach różnej wielkości. W ten sposób można zidentyfikować obszary w zarządzaniu odpadami budowlanymi w różnych fazach projektu, które powinny być ulepszone a benefity ich stosowania lepiej wypromowane.

W niniejszej pracy, również określono wpływ 7 czynników behawioralnych na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach o różnej wielkości. Na podstawie średniej odpowiedzi Respondentów dotyczących stosowania badanych metod redukcji odpadów stwierdzono, że najwyżej oceniono czynnik behawioralny 'Chęć podnoszenia poziomu świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie', co oznacza, że Respondenci są chętni do uczestniczenia w szkoleniach i uważają za istotne pogłębianie wiedzy dotyczącej zarządzania odpadami budowlanymi. Natomiast najniżej oceniono 'Skuteczność zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie', co świadczy o tym, że nadzór nad zarządzaniem odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie nie jest wystarczająco skuteczny i powinien zostać wzmocniony. Następnie zbadano wpływ czynników behawioralnych na stosowanie metod redukcji odpadów budowlanych w odniesieniu do badanych kategorii wyrobów budowlanych. Analizę danych przeprowadzono przy użyciu wskaźników takich jak: ogólny wskaźnik behawioralny, wskaźnik liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych, wskaźnik liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych i wskaźnik ogólnej liczebności stosowanych metod. Na podstawie wyników analizy badań stwierdzono, iż najsilniejsza zależność, między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych kategorii odpadów budowlanych istnieje dla odpadów betonowych, co oznacza, że im wyższy poziom świadomości pracowników tym częściej pracownicy stosują więcej metod redukcji odpadów dla wyrobów betonowych, a najsłabsza dla odpadów z wyrobów wykończeniowych i drewnianych. Poza tym najsilniejsza zależność, między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a wskaźnikami liczebności badanych metod redukcji odpadów budowlanych, istnieje dla metody 'Segregacja odpadów na budowie', co oznacza, że im wyższy poziom świadomości pracowników tym częściej pracownicy segregują odpady na placu budowy, a najsłabsza dla 'Ochrona budowy', co oznacza, że zwiększenie świadomości pracowników ma słaby wpływ na zapewnienie ochrony na budowie. Dodatkowo, zależność między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a ogólnym wskaźnikiem liczebności wszystkich stosowanych metod była większa od zależności między ogólnym wskaźnikiem behawioralnym a jakąkolwiek pojedynczą metodą, co oznacza, że zwiększenie świadomości pracowników o zarządzaniu odpadami budowlanymi ma większy wpływ na stosowanie wielu różnych metod razem niż każdej z nich pojedynczo. Analiza wyników wszystkich badanych zależności wykazała, że wraz ze wzrostem poziomu świadomości pracowników wzrasta liczba stosowanych metod redukcji odpadów budowlanych. W ten sposób udowodniono jak ważne jest podnoszenie świadomości wśród pracowników w przedsiębiorstwach budowlanych i które strefy w zarządzaniu odpadami powinny zostać wzmocnione.

Na podstawie analizy wyników badań w niniejszej dysertacji, zidentyfikowano mocne i słabe strony minimalizacji odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach różnej wielkości. Określono wpływ świadomości pracowników, na produkcję odpadów budowlanych i zarządzanie nimi. Dzięki temu, możliwe jest ustalenie działań potrzebnych do wzmocnienia zarządzania odpadami. Wiedza ta może zdecydowanie ułatwić zarządzanie odpadami budowlanymi w skali pojedynczych przedsiębiorstw jak i w skali kraju, poprzez dostosowanie pomocy w zakresie szkoleń i promocji korzyści wynikających z redukcji odpadów. Przedstawiona analiza wyników badań, może mieć definitywnie pozytywny wpływ na ochronę środowiska naturalnego poprzez minimalizację odpadów budowlanych i zwiększenie ilości odpadów podlegających recyklingowi.

Abstract

This dissertation presents an analysis of the results of research that broadened the knowledge of the factors influencing the minimization of construction waste. The presented work identifies methods of reducing construction waste, used depending on the size of the construction company in relation to 5 groups of construction products: concrete, steel, masonry products, wooden and finishing products (ceramic, and stone tiles). These methods include: proper storage of construction products, training of employees in waste management, use of monitoring systems, proper transport and unloading of products, appropriate involvement of subcontractors, use of prefabricated elements and reuse of products on site. It was also examined which methods of waste reduction are most often and least frequently used in construction companies of particular sizes in relation to the studied groups of construction products, e.g. companies employing 250 or more employees, used the most frequently the 'Proper storage' method in relation to masonry, finishing, and wood products, and they used the least frequently 'Use of prefabricated elements' method in relation to steel and masonry products. In addition, it was found that the most frequently used method of reducing construction waste among all surveyed companies is 'Site security', because it is an official requirement, and the least frequently used method is 'Use of prefabricated products', probably due to the characteristics of construction of local buildings. Additionally, the most common waste reduction methods were examined for each group of construction products, for example, for wooden products, the most commonly used method was, inter alia, 'Reuse of products on the construction site'. Among all the studied groups of products, the waste reduction methods were most often used for steel construction products due to the value of these products, and least often for finishing products due to their small size. By identifying construction waste reduction methods used in construction companies of various sizes for each group of products, it is possible to easily plan activities preventing the cultivation of bad construction practice by, for example, conducting trainings and directing dedicated requirements to construction companies of various sizes.

In the presented work, the ranking of factors influencing the construction waste generation was also determined. A ranking of 30 factors identified in the design, construction, product management and work culture phases was created. In the design phase, the greatest impact on the waste generation has the factor 'Choice of low-quality products', in the construction phase: 'Employee mistakes', in the product management phase: 'Improper storage', and among factors related to work culture: 'Lack of training in environmental protection and waste management'. The factor influencing the largest amount of construction waste generation among all factors is: 'No waste management plan', which shows the importance of proper management of waste at the construction site. Also, significant differences were found in the assessment of 19 factors' impact on the construction waste generation, in construction companies of various sizes, e.g. the assessment of the factor's impact ('Lack of attention to the size of used construction products') on the waste generation in a company employing 100-249 employees is higher than the assessment in a company with 1-9 employees. Considering the ranking of factors influencing the construction waste generation, it is possible to assess the knowledge and awareness of employees in construction companies of various sizes about the construction waste generation. Now, it is feasible to identify areas in

construction waste management in various phases of the project, which should be improved and the benefits of their use better promoted.

In this thesis, the influence of behavioural factors on the construction waste generation in construction companies of various sizes was also determined. Based on the average Respondents' response regarding the use of the studied methods of waste reduction, it was found that the factor 'Willingness to raise the awareness of construction waste management in the company' was rated the highest, which means that Respondents are willing to participate in training and consider it important to broaden their knowledge on construction waste management. On the other hand, the lowest rating was determined for the factor 'Effectiveness of construction waste management in a company', which proves that the supervision over construction waste management in the company is not effective enough and should be improved. Then, the influence of behavioural factors on the use of construction waste reduction methods was examined in relation to the selected groups of construction products. Data analysis was carried out using indicators such as: general behavioural index, index of the quantification of construction waste reduction methods, index of the quantification of construction waste reduction methods used for each group of products and the index of the quantification of all studied methods. Based on the results of the research analysis, it was found that the strongest relationship between the general behavioural index and the indexes of the quantification of construction waste reduction methods used for each group of products occurred for concrete products, which means that the higher the level of employee awareness, the more often employees use more waste reduction methods for concrete products. The weakest relationship was identified for finishing and wooden products. Moreover, the strongest correlation between the general behavioural index and the indexes of the quantification of construction waste reduction methods was found for the method 'Waste segregation on the construction site', which means that the higher the level of awareness of employees, the more often employees segregate waste on the construction site; and the weakest for 'Site security', which means that increasing the awareness of employees has little effect on providing site security. Additionally, the relationship between the overall behavioural index and the overall quantification index of all used methods was greater than the relationship between the general behavioural index and any single method, meaning that increasing workers' awareness of construction waste management had a greater impact on using many different methods together than either method. The analysis of the results of all the studied relationships showed that increased awareness of employees has significant impact on the number of methods used to reduce construction waste. Thus, it was proved how important it is to raise awareness among employees in construction companies and which zones in waste management should be strengthened.

Based on the analysis of the research results in this dissertation, the strengths and weaknesses of minimizing construction waste in enterprises of various sizes have been identified. The impact of employee awareness on the production and management of construction waste was determined. As a result, it is possible to identify the actions needed to strengthen waste management. This knowledge can definitely facilitate the management of construction waste on the scale of individual companies and on a national scale, by adjusting trainings and promotions of the benefits resulting from waste reduction. The presented analysis

of the research results may have a definite positive impact on the protection of the natural environment by minimizing construction waste and increasing the amount of recyclable waste.

Bibliografia

- Adamczyk, J., Dylewski, R. (2013). Znaczenie lokalnych punktów gromadzenia odpadów w systemie gospodarki odpadami budowlanymi. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*, 9–16.
- Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych, 2017, <https://www.epa.gov/smm/sustainable-management-construction-and-demolition-materials> (24.01.2017)
- Al-Hajj, A., Hamani, K. (2011). Material Waste in the UAE Construction Industry: Main Causes and Minimization Practices. *Architectural Engineering and Design Management*, 7:4, 221-235. DOI: 10.1080/17452007.2011.594576
- AISC (American Institute of Steel Construction) 2022, <https://www.aisc.org/> (22.01.2022)
- Bachman, L.F. (2004). Statistical analyses for language assessment book. *Cambridge University Press*.
- Bao, Z., Lu, W. (2021). A decision-support framework for planning construction waste recycling: A case study of Shenzhen, China, *Journal of Cleaner Production*, 309, 2021, 127449, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127449>.
- Bayanat – Official Data Portal of the UAE government, 2021. Collected - Dumps Managed Non Hazardous Wastes by Source - Disposing Method 2016. <https://admin.bayanat.ae/Home/DatasetInfo?dID=hY4a8nA59DTBOGbpPRCvy2vNFIGzgd-G6ObWDtesokA&langKey=en> (28.12.2021)
- Bee'ah (Sharjah Environment Company) (2017) <http://beeah.ae/> (02.01.2017)
- Begum, R.A., Siwar, C., Pereira, J.J., Jaafar, A.H. (2006). A benefit–cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia, *Resources, Conservation and Recycling* 48, 86–98.
- Białko, M., Hoła, B. (2016). Proces inwestycyjny w Zjednoczonych Emiratach Arabskich na przykładzie emiratu Szardży, *Materiały Budowlane* 526, ISSN 0137-2971, e-ISSN 2449-951X.
- Białko, M. (2017). Bridging the gap between sustainability, the regulatory, and the recycling of construction and demolition waste in the UAE, with specific reference to the Emirate of Sharjah. *Proceedings of the International Conference on Advances in Sustainable Construction Materials & Civil Engineering Systems (ASCMCES-17)*, Sharjah, United Arab Emirates, April 18 – 20, 2017.
- Białko, M. (2018). Metody szacowania ilości odpadów budowlanych - przegląd literatury od 1993 do 2018 roku. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. 21(4), 419-436.
- Białko, M., Hoła, B. (2021). Identification of Methods of Reducing Construction Waste in Construction Enterprises Based on Surveys. *Sustainability* 2021, 13, 9888. <https://doi.org/10.3390/su13179888>
- Bossink, B.A.G., Brouwers, H.J.H. (1996). Construction waste: quantification and source evaluation. *J. of Con. Eng. and Man.*, 122 (1), 55–60.
- Bougdah, H., Sharples, S. (2009). Environment technology and sustainability, *Technologies of Architecture*. Vol. 2, ISBN 978-0-415-40379-5

- Braja, M.D. (2011). Principles of Foundation Engineering, SI, Seventh Edition, Cengage Learning. ISBN – 13: 978-0-495-66812-1, ISBN – 10: 0-495-66812-5
- Bruvol, A., Ibenholt, K. (1997). Future waste generation Forecasts on the basis of a macroeconomic model, *Resources, Conservation and Recycling*. 19, 137-149.
- Burchart-Korol, D. (2016). Zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi bazując na gospodarce cyrkulacyjnej. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie* z. 87, 2016, Nr kol. 1947.
- Chen, J., Hua, C., Liu, C. (2019). Considerations for better construction and demolition waste management: Identifying the decision behaviors of contractors and government departments through a game theory decision-making model, *Journal of Cleaner Production* 212, 190 – 199.
- Clark-Carter, D. (2010). Quantitative research methods: gathering and making sense of numbers. *Healthcare research: a textbook for students and practitioners, first edition. Sussex: John Wiley and Sons Ltd*, 130-49.
- Cochran, K., Townsend, T., Reinhart, D., Heck, H. (2007). Estimation of regional building-related C&D debris generation and compositions: Case study from Florida, *Waste Management*, 27, 921–931.
- Cochran, K.M., Townsend T.G. (2010). Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach, *Waste Management*, 30, 2247–2254.
- Coelho, A., de Brito, J. (2011). Distribution of materials in construction and demolition waste in Portugal, *Waste Manage. Res.* 29 (8), 843–853.
- COM(2019) 640 final. Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejski Zielony Ład, Bruksela, dnia 11.12.2019 r.
- Coventry, S., Guthrie, P., (1998). Waste Minimisation and Recycling in Construction: Design Manual, *Construction Industry Research and Information Association (CIRIA)*, SP134, London, United Kingdom.
- Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), 2021, <https://www.skyscrapercenter.com/city/sharjah> (11/14/2021).
- Crawford, R.H., Mathur, D., Gerritsen, R. (2017). Barriers to Improving the Environmental Performance of Construction Waste Management in Remote Communities, *Procedia Engineering*, 196, 2017, 830-837, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.014>
- Czarnecki, L., Paszkowski, Z. (2016). Naprawa, utrzymanie i rewitalizacja jako czynniki kształtujące zrównoważone budownictwo, *Materiały Budowlane* 5’2016 (nr 525). ISSN 0137-2971, e-ISSN 2449-951X
- Dania, A., Kehinde, J., Bala, K. (2007). A study of construction material waste management practices by construction firms in Nijeria, *Proc. of the 3rd Scottish Conf. for Postgr. Res. of the Built and Natural Envir., Glasgow*, 121–129.
- Davis, P., Aziz, F., Newaz, M. T., Sher, W., Simon, L. (2021). The classification of construction waste material using a deep convolutional neural network, *Automation in*

Construction, Volume 122, 2021, 103481, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103481>.

- Ding, Z., Cao, X., Wang, Y., Wu, H., Zuo, J., Zillante, G. (2022). Cost-benefit analysis of demolition waste management via agent-based modelling: A case study in Shenzhen. *Waste Management*, 137 (2022), 169 – 178.
- Dubai Electricity & Water Authority (DEWA), Government of Dubai, Dubai Municipality, Green Building Regulations and Specifications in the Emirate of Dubai, 2021, https://www.dewa.gov.ae/~media/Files/Consultants%20and%20Contractors/Green%20Building/Greenbuilding_Eng.ashx (19.10.2021)
- Dubai Municipality, Advisory Notes on Building Material Specifications No. 1, styczeń 1991.
- Dubai Municipality, Local Order 61 of 1991, <https://www.dm.gov.ae/documents/local-order-61-of-1991/> (29.12.2021)
- Dubai Municipality, Waste Management Department Technical Guideline No.1 Waste Collection and Transportation Services, Issued: grudzień 2009.
- Dubai Municipality Standards, Specification for Precast Concrete Blocks Part 1: Masonry Blocks, Rev. (02) (DMS 1: Part 1: 2020), 28/06/2020.
- Dumlao-Tan, M.I., Halog, A. (2017). Chapter 2. Moving Toward a Circular Economy in Solid Waste Management. In *Advances in Solid and Hazardous Waste Management: Concepts and Practices*, 1st ed.; Goel, S., Ed.; *Springer International Publishing: New York, NY, USA*, 2017; pp. 29–48.
- Dunn, O. J. (1964), Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6, 241–252.
- Dyka, M. (2015). Odpady w procesie budowlanym. *Forum Media Polska Sp. z o.o., Poznań* 2015. ISBN 978-83-260-1991-3
- Dz. U. Poz. 1923 z 29.12.2014, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów.
- Dz. U. 2013 poz. 21. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach.
- Dz.U. L 312 z 22.11.2008, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
- Dz.U. L 150/109 z 14.06.2018, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/851 z dnia 30 maja 2018 r., zmieniająca dyrektywę 2008/98/WE w sprawie odpadów.
- Dz.U. Unii Europejskiej C 124 z 09.04.2018, Zawiadomienie Komisji dotyczące wytycznych technicznych w sprawie klasyfikacji odpadów. 2018/C 124/01.
- EAD (Environment Agency - Abu Dhabi) 2016, Waste Classification Technical Guideline, 2017, www.ead.ae (31.01.2017)
- El-Haggar, M.S. (2007). Sustainable Industrial Design and Waste Management. *Elsevier Academic Press, Elsevier Inc.* ISBN-13:978-0-12-373623-9
- Ekanayake, L.L., Ofori, G. (2004). Building waste assessment score: design-based tool, *Building and Environment* 39, 851 – 861.
- Emirates Stone, (2020) <https://es.emiratestone.com/index.html> (22.11.2020)
- Environment & Protected Areas Authority (EPAA), (2017) <http://www.epaashj.ae/who-we-are/d-g-message/#sthash.FdzCrK2H.dpuf> (23.01.2017)

- Environment Protection Department, Fujairah Municipality, (2017) <http://www.fujmun.gov.ae/page.aspx?id=128&template=departments> (23.01.2017)
- European Commission, Directorate-General for Environment, (2017) *Resource efficient use of mixed wastes improving management of construction and demolition waste: final report*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/99903>
- Eurostat, (2011) *Generation and treatment of waste in Europe 2008*, Statistics in focus, Environment and energy, 44/2011
- Eurostat, Waste statistics, (2021) https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation (12.18.2021)
- Fatta, D., Papadopoulos, A., Avramikos, E., Sgourou, E., Moustakas, K., Kourmoussis, F., Mentzis, A., Loizidou, M. (2003). Generation and management of construction and demolition waste in Greece - an existing challenge, *Resources, Conservation and Recycling*, 40(1), 81-91.
- Gangoellis, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M. (2014). Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites, *Resources, Conservation and Recycling*, 93, 99–111
- Gavilan, R.M., Bernold, L.E. (1994). Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction, *J. Constr. Engrg. and Mgmt.*, ASCE 120 (3), 536-555
- Główny Urząd Statystyczny (GUS), (2020) *Analizy statystyczne, Stan i Ochrona Środowiska, Grupa G217, Podgrupa 1656*, <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/tablica> (12.27.2021)
- Gueraiche, W., Alexander, K. (2022). *Facets of Security in the United Arab Emirates*, Wydawnictwo Routledge, Pierwsze wydanie 2022, Nowy Jork 10158, DOI: 10.4324/9781003025566.
- Guilford, J.P. (1950). *Fundamental statistics in psychology and education* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Gulf Precast, (2021) <http://www.gulfprecast.ae/wall-panels/> (03.09.2021)
- Hao, J.L., Hill, M.J., Shen, L.Y. (2008). Managing construction waste on-site through system dynamics modelling: the case of Hong Kong, *Eng. Constr. Architect. Manage.* 15 (2), 103–113.
- Hendriks, Ch.F., Janssen, G.M.T. (2001). Construction and demolition waste: general process aspects, *HERON*, 46 (2).
- Huang, R.Y., Yeh, L.H., Chen, H.H., Lin, J.D., Chen, P.F., Sung, P.H., Yau, J.T. (2011). Estimation of construction waste generation and management in Taiwan, *Advanced Materials Research*, 243-249, 6292-6295.
- Ibenholt, K. (2003). Material Accounting in a Macroeconomic Framework, *Environmental and Resource Economics*, 26(2) (październik 2003), 227.
- Innes, S. (2004). Developing tools for designing out waste pre-site and onsite. In: *Proceedings of Minimising Construction Waste Conference: Developing Resource Efficiency and Waste Minimisation in Design and Construction*, New Civil Engineer, London, UK, October 2004.

- Islam, R., Nazifa, T.H., Yuniarto, A., Uddin, A.S.M.S., Salmiati, S., Shahid, S. (2019). An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling, *Waste Management*, 95, 10 – 21.
- Jin, R., Yuan, H., Chen, Q. (2019). Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018, *Resources, Conservation & Recycling*, 140, 175–188.
- Junaid, T.M. (2021) *Wywiad przeprowadzony przez Białko*, M., University of Sharjah (UOS), Szardża, 11.02.2021.
- Kanishka, S. (2014). Legislation: Environmental Law Regime in the United Arab Emirates: An Investor's Guide to Environment Compliance in the Construction Industry, *EJIMEL Electronic Journal of Islamic and Middle Eastern Law (EJIMEL)*, Vol. 2, <http://www.ejmel.uzh.ch> ISSN1664-5707
- Kaplan, D. (2000). Structural Equation Modeling: Foundations and Extensions, *Sage Publications*, 2000.
- Kartam, N., Al-Mutairi, N., Al-Ghusain, I., Al-Humoud, J. (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait, *Waste Man., Dep. of C. Eng., Kuwait Un.*, 24, 1049-1059.
- Katz, A., Baum, H. (2011). A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction sites, *Waste Management*, 31(2), 353-358.
- Kofoworola, O.F., Gheewala, S.H. (2009). Estimation of construction waste generation and management in Thailand, *Waste Management*, 29(2), 731-738.
- Kolmogorov, A.N. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell'Inst. Ital. degli. Art.*, 4, 89-91.
- Kourmpianis, B., Papadopoulos, A., Moustakas, K., Stylianou, M., Haralambous, K.J., Loizidou, M. (2008). Preliminary study for the management of construction and demolition waste, *Waste Management & Research*, 26, 267–275. ISSN 0734–242X
- Krajowy plan gospodarki odpadami 2022, *Uchwała Nr 88 Rady Ministrów z dnia 1 lipca 2016 r. w sprawie Krajowego planu gospodarki odpadami 2022*, Monitor Polski 2016.784 Wersja od: 1 czerwca 2021 r., <https://sip.lex.pl/akty-prawne/mp-monitor-polski/krajowy-plan-gospodarki-odpadami-2022-18334576#content>
- Sprawozdanie z realizacji Krajowego planu gospodarki odpadami 2022 za okres od 1 stycznia 2017 r. do 31 grudnia 2019 r.
- Kruskal, W.H., Wallis W.A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583-621.
- Kuboszek, A., Milewska, E. (2017). Gospodarka o obiegu zamkniętym drogą do zrównoważonego rozwoju, *Systemy Wspomagania W Inżynierii Produkcji, Jakość, Bezpieczeństwo, Środowisko*, 2017, 6, 7, 286 – 295.
- Lage, I.M., Abella, F.M., Herrero C.V., Ordóñez, J.L.P. (2010). Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain), *Waste Management*, 30, 636–645.
- Lau, H.H., Whyte, A., Law, P.L. (2008). Composition and characteristics of construction waste generated by residential housing project, *Int. J. Environ.*, 2 (3), 261–268.

- Lawson, N., Douglas, I., Garvin, S., McGrath, C., Manning, D., Vetterlein, J. (2001). Recycling construction and demolition wastes – a UK perspective, *Environmental Management and Health*, 12 (2), 146 – 157
- Li, Y. (2013). Developing a Sustainable Construction Waste Estimation and Management System, *A Thesis Submitted to The Hong Kong University of Science and Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering*, Hong Kong, UMI Numer: 3613928
- Li, J., Ding, Z., Mi, X., Wang, J. (2013). A model for estimating construction waste generation index for building project in China, *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 20– 26.
- Lilliefors, H.W. (1967). On the Kolmogorov-Smimov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62, 399-402.
- Lingard, H., Graham, P., Smithers, G. (2000). Employee perceptions of the solid waste management system operating in a large Australian contracting organization: implications for company policy implementation, *Cons. Man. and Ec.*, 18, no. 4, 383– 393.
- Llatas, C. (2011). A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list, *Waste Management*, 31(6), 1261-1276.
- Lu, W., Webster, C., Peng Y., Chen X., Zhang, X. (2016). Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China, *International Journal of Construction Management*.
- Lu, W., Lee, W.M.W., Bao, Z., Chi, B., Webster, C. (2020). Cross-jurisdictional construction waste material trading: Learning from the smart grid, *Journal of Cleaner Production*, 277, 2020, 123352, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123352>
- MaCon, (2020) <https://macon-ae.com/masonry-blocks/> (21.11.2020).
- Mann, H. B., Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 18, 50-60.
- Mapa Drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym (2019). *Ministerstwo Rozwoju i Technologii*, <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/rada-ministrow-przyjela-projekt-mapy-drogowej-goz> (13/01/2022).
- Marcus, B.L. (2012). Characterization of historic mortars and earthen building materials in Abu Dhabi Emirate, UAE, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 37 (2012) 012004.
- McBean, E.A., Fortin, M.H.P. (1993). A forecast model of refuse tonnage with recapture and uncertainty bounds, *Waste Manage. Res.* 11 (5), 373–385.
- MGCC (Al Marwan General Contracting Company), (2021) <https://mgcc.ae/Projects/view/building-contracting> (11/14/2021).
- MOCCAЕ, (2021) *Federal Law No. 12 of 2018 Issued on 18/12/2018 On The Integrated Waste Management*, <https://www.moccae.gov.ae/assets/download/c5e9ee5b/L12-18%20Eng.pdf.aspx?view=true> (29.12.2021)

- Naoum, S.G., Alyousif, A.R.T., Atkinson, A.R. (2015). Impact of National Culture on the Management Practices of Construction Projects in the United Arab Emirates. *Journal of Management in Engineering*, 2015, 31(4): 04014057
- Osmani, M., Glass, J., Price, A.D. (2006). Architect and contractor attitudes towards waste minimisation, *Waste and Resource Management*, 59 (2006) 65-72.
- Osmani, M., Glass, J., Price, A.D.F. (2008). Architects' perspectives on construction waste reduction by design, *Waste Management* 28, 1147–1158.
- Pearson, K. (1900), On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *Philosophical Magazine*, 50, 157-172.
- Pickin, J., Randell, P., Trinh, J., Grant, B. (2018). National Waste Report 2018, Department of the Environment and Energy (2018), <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/7381c1de-31d0-429b-912c-91a6dbc83af7/files/national-waste-report-2018.pdf>
- Poon, C.S. (1997). Management and recycling of demolition waste in Hong Kong, *Waste Management Res.* 15 (6), 561–572.
- Poon, C.S., Tit, W.Y.A., Ching, S.S., Cheung, E. (2004). Minimizing demolition wastes in Hong Kong public housing projects, *Construction Management and Economics*, 22 (październik 2004), 799-805.
- Poon, C.S., Yu, A.T.W., Jaillon, L., (2004a). Reducing building waste at construction sites in Hong Kong, *Construction Management and Economics*, 22 (5), 461–470
- Public health and environmental service, Umm Al Quwain Municipality <http://uaqmd.gov.ae/en/index.php/asia/sports-20/sports-25#> (23.01.2017)
- Purchase, C.K., Al Zulayq, D.M., O'Brien, B.T., Kowalewski, M.J., Berenjian, A., Tarighaleslami, A.H., Seifan, M. (2022). Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Lessons, Challenges, and Benefits. *Materials* 2022, 15, 76. <https://doi.org/10.3390/ma15010076>
- Rząd Hiszpanii – Ministry of the Presidency (2008) Madrid, Spain. *Dekret Krajowy 105/2008, which Regulates the Production and Management of Construction and Demolition Waste*. National Decree 105/2008.
- Saez, P.V., Del Río Merino, M., Porrás-Amores, C. (2012). Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain, *Waste Management and Research*, 30(2), 137-146.
- Saez, P.V., Del Río Merino, M., Gonzalez, A.S.A., Porrás-Amores, C. (2013). Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions. *Resources, Conservation and Recycling*, 75, 52– 62.
- Saez P.V., Porrás-Amores C., del Río Merino M. (2015). New quantification proposal for construction waste generation in new residential constructions. *Journal of Cleaner Production* 102, 58-65.
- Sagan, J., Sobotka, A. (2016). Jak gospodarować odpadami na budowie? *Builder* 2016 (10), 84-86.
- Saifaie, A.A., (2013). *Envirocities eMagazine*, 4, 4-7.

- Silva Souza, F., Castro Mendes, J., Barbosa Morais, L.J., Santos Silva, J., Fiorotti Peixoto, R.A. (2022). Mapping and recycling proposal for the construction and demolition waste generated in the Brazilian Amazon, *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 2022, 105896, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105896>.
- Shi, J., Xu, Y. (2006). Estimation and forecasting of concrete debris amount in China, *Resour. Conserv. Recycl.* 49 (2), 147–158.
- Skowroński, M. (2015). Rekonsumpcja materiałowa w architekturze. *Praca doktorska na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej*. Wrocław 2015, promotor: J. Charytonowicz.
- Sobotka A., Czaja J. (2014). Logistyka odzysku w cyklu życia obiektu budowlanego, *Logistyka* 6/2014, 14744 – 14752.
- Sobotka A., Czaja J. (2015). Analysis of the Factors Stimulating and Conditioning Application of Reverse Logistics in Construction, *Procedia Engineering* 122, 11–18.
- Solís-Guzmán, J., Marrero, M., Montes-Delgado, M.V., Ramírez-de-Arellano, A. (2009). A Spanish model for quantification and management of construction waste, *Waste Management*, 29, 2542–2548.
- Spearman, C. (1910). Correlation calculated from faulty data. *British Journal of Psychology*, 3, 271-295.
- Spišáková, M., Mésároš, P., Mandičák, T. (2021). Construction Waste Audit in the Framework of Sustainable Waste Management in Construction Projects—Case Study. *Buildings* 2021, 11, 61. <https://doi.org/10.3390/buildings11020061>
- Stahel, W., Ready, G. (1976). Report The Potential for Substituting Manpower for Energy 1976. *New York: Vantage Press*, 1976.
- Symonds Group Ltd (1999) wraz z ARGUS, COWI i PRC Bouwcentrum, Raport dla DGXI, European Commission, Construction and Demolition Waste Management Practices, And Their Economic Impacts, luty 1999.
- Szreder, M. (2010). Metody i techniki sondażowych badań opinii, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010, Wydanie II zmienione, ISBN 978-83-208-1843-7.
- Świątek, L. (2000). Projektowanie architektoniczne a gospodarka odpadami w świetle założeń ekorozwoju na przykładzie budownictwa mieszkaniowego, *Praca doktorska na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej*. Wrocław 2000, promotor: J. Charytonowicz.
- Tam, V.W.Y., Le, K.N., Wang, J.Y., Illankoon, I.M.C.S. (2018). Practitioners Recycling Attitude and Behaviour in the Australian Construction Industry. *Sustainability* 2018, 10, 1212. <https://doi.org/10.3390/su10041212>
- Teo, M.M.M., Loosemore, M., Marosszeky, M., Gardner, K.K.D. (2000). Operatives' attitudes towards waste on construction project. In: Akintoye, A (Ed.), *16th Annual ARCOM Conference, Glasgow Caledonian University. Association of Researchers in Construction Management*, Vol. 2 (6-8 wrzesień 2000), 509-17.
- Thykadavil, A.J. (2021) *Wywiad przeprowadzony przez Bialko, M., Mapei Construction Chemicals L.L.C (MAPEI) w Dubaju*, 11.02.2021.

- Trzepacz, P. (2012). Zrównoważony rozwój – wyzwania globalne. *Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków*.
- Udawatta, N., Zuo, J., Chiveralls, K., Zillante, G. (2015). Improving waste management in construction projects: An Australian study, *Resources, Conservation and Recycling*, 101, 73 – 83.
- Unia Europejska, Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 305/2011 z 2011 r.
- United Nations, Economic and Social Council, Report of the Secretary – General (1969), Problems of the Human Environment, 47 session, E/4667.
- United Nations, General Assembly (2015), Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 70 session, A/RES/70/1.
- U.S. Department of Energy, Greening Fed. Facil., An Energy, Environmental, and Economic Resource Guide for Federal Facility Managers and Designers, Construction waste management, 2nd ed, pp. 170–171 (2019).
- U.S. Department of Housing and Urban Development (U.S. HUD) (2000). A Guide to Deconstruction. Przygotowane dla: U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research Washington, D.C., Przygotowane przez: NAHB Research Center, Inc. Upper Marlboro, MD.
- Wang, J., Li, Z., Tam, V. W.Y. (2015). Identifying best design strategies for construction waste minimization, *Journal of Cleaner Production*, 92, 237–247.
- Wang, J.Y., Touran, A., Christoforou, C., Fadlalla, H. (2004). A systems analysis tool for construction and demolition wastes management, *Waste Management*, 24, 989–997.
- Wimalasena, B.A.D.S., Ruwanpura, J.Y., Hettiaratchi, J.P.A. (2010). Modeling construction waste generation towards sustainability, *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice, American Society of Civil Engineers, Banff, AB, Canada* (May 8 – May 10, 2010), 1498–1507.
- Wu, H., Zuo, J., Zillante, G., Duan, H. (2021). Environmental impacts of cross-regional mobility of construction and demolition waste: An Australia Study. *Res. Cons. Recycl.* 174 (105805).
- Wu, Z., Yu, A.T.W., Poon, C.S. (2019). An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong, *Environmental Impact Assessment Review*, 77, 2019, 128–135, ISSN 0195-9255, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.03.006>
- Wu, Z., Yu, A.T.W., Shen, L., Liu, G. (2014). Quantifying construction and demolition waste: An analytical review, *Waste Management*, 34, 1683–1692.
- Zero Waste Europe (2019). Zero Waste hierarchy for Europe [WWW dokument]. <https://zerowasteurope.eu/2019/05/a-zero-waste-hierarchy-for-europe/> (4.01.2022).
- Zhang, C., Hu, M., Di Maio, F., Sprecher, B., Yang, X., Tukker, A. (2022). An overview of the waste hierarchy framework for analysing the circularity in construction and demolition waste management in Europe, *Science of The Total Environment*, 803, 2022, 149892, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149892>.
- Xiao, J., Ding, T. (2014). Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai, *Waste Management*, 34, 2327–2334.

- Xiao, W., Yang, J., Fang, H., Zhuang, J., Ku, Y. (2019). Development of online classification system for construction waste based on industrial camera and hyperspectral camera. *PLoS ONE* 14(1): e0208706. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208706>
- Zając, B., Gołębiowska, I. (2014). Zagospodarowanie odpadów budowlanych, *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, Nr 6/2014, 53, 393-395.
- Yeheyis, M., Hewage, K., Shahria, A.M., Eskicioglu, C., Sadiq, R. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability, *Clean Techn. and Env. Policy*, 15(1), 81-91.
- Yost, P.A., Halstead J.M. (1996). A methodology for quantifying the volume of construction waste, *Waste Manage. Res.* 14 (5), 453–461.
- Yost, P. (2000). Deconstruction: Back to the Future for Buildings, *Environmental Building News, BuildingGreen, Inc., Brattleboro*, Vol. 9, No. 5.

Załącznik A- formularz ankiety badawczej

ANKIETA O ZARZĄDZANIU ODPADAMI BUDOWLANYMI

Powód przeprowadzania ankiety

Ta ankieta ma na celu zebrać dane, które zostaną przeanalizowane pod kątem postrzegania przez osoby pojedyncze jak i firmy, problemu zarządzania odpadami budowlanymi.

Anonimowość ankiety

Wyniki ankiety będą użyte wyłącznie w celach naukowych. Tożsamość respondenta pozostaje anonimowa.

Cel ankiety

Ta ankieta jest przeprowadzana w celu dostarczenia niezbędnych informacji do badań naukowych o temacie:

“Wpływ wybranych czynników na generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwach budowlanych”

Plan ankiety:

CZĘŚĆ A – profil badanego i charakterystyka budynku, przy którym badany pracuje

CZĘŚĆ B – polityka jakości, świadomości i zarządzania odpadami

CZĘŚĆ C – źródła odpadów budowlanych

CZĘŚĆ A

1 A. Ile pracowników jest zatrudnionych w firmie?

- 1 – 9 pracowników
- 10 – 49 pracowników
- 50 – 99 pracowników
- 100 – 249 pracowników
- 250 pracowników i więcej

2 A. Ile lat doświadczenia na rynku ma firma, w której pracujesz?

- 1 -5
- 6 – 10
- 11 – 15
- 16 i więcej

3 A. Czy firma, w której pracujesz posiada certyfikat (Proszę podkreślić):

- ISO 9000
- ISO 14000
- Żaden z powyższych

- Oba powyższe

4 A. Ile dużych inwestycji budowlanych (o wartości 3 mln zł (3 000 000) i więcej), firma w której pracujesz ukończyła w ciągu ostatnich 5 lat?

- 1 – 5
- 6 -10
- 11 – 15
- 16 – 20
- 20 i więcej

5 A. Jaka jest kubatura budynku, przy którego wznoszeniu pracujesz (m^3)?

- 500 – 3500
- 3501 – 30000
- 30001 m^3 i więcej

6 A. Jaka jest funkcja budynku, przy którym pracujesz?

- Budynek przemysłowy
- Budynek użyteczności publicznej
- Budynek o mieszanej funkcji (funkcja usługowa i mieszkaniowa)
- Budynek mieszkalny

7 A. Jaki jest rodzaj konstrukcji budynku, przy którym pracujesz?

- Fundamenty, słupy, stropy, dach/stropodach monolityczne. Ściany murowane.
- Fundamenty, słupy, stropy i dach/ stropodach żelbetowe prefabrykowane. Ściany murowane.
- Fundamenty, stropy i dach/stropodach monolityczne. Stalowe słupy. Ściany murowane.
- Fundamenty, stropy, dachy/stropodachy żelbetowe prefabrykowane. Stalowe słupy. Ściany lekkie osłonowe oraz murowane.
- Fundamenty, słupy, stropy, ściany i dach/stropodach monolityczne.
- Mieszane (elementy monolityczne i żelbetowe prefabrykowany).

8 A. Jaka jest średnia waga odpadów budowlanych wywożonych tygodniowo z placu budowy budynku, przy którym pracujesz (w tonach)?

- 10
- 20
- 30
- 40
- 50
- 60
- 70
- 80
- 90
- 100

CZĘŚĆ B

1 B. Czy firma, w której pracujesz posiada przepisy wewnętrzne redukujące generowanie odpadów budowlanych?

- tak
- nie

2 B. Które metody redukujące generowanie odpadów budowlanych są stosowane w firmie, w której pracujesz?

Proszę zaznaczyć krzyżykiem odpowiednie pole.

No	Metody redukujące generowanie odpadów budowlanych	Stal	Beton (wliczając mieszankę betonową)	Wyroby drobno wymiarowe	Płytki ceramiczne i kamienne	Drewno
1	Odpowiednie magazynowanie					
2	Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości.					
3	Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami					
4	Stosowanie systemów monitorujących przepływ wyrobów budowlanych					
5	Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów					
6	Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców					
7	Ochrona budowy					
8	Zastosowanie wyrobów prefabrykowanych					
9	Segregacja odpadów na budowie					

10	Wyznaczenie miejsc do segregacji odpadów (np. do usuwania gwoździ z drewna, przeznaczonego do ponownego użycia)					
11	Ponowne użycie materiałów na budowie					
12	Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie					
13	Posiadanie planu wywożenia odpadów					

3 B. Czy firma, w której pracujesz sprzedaje stal do recyklingu?

- tak
- nie

4 B. Proszę określić poziom swojej świadomości potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi w skali od 1 do 3.

1 = niski poziom, 2 = średni poziom, 3 = wysoki poziom

Pytanie	Skala		
	1	2	3
1. Jaka jest Pana/Pani świadomość potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi?			
Jaka jest według Pana/Pani świadomość potrzeby zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje?			
Jakby Pan/Pani oceniła skuteczność własnych działań minimalizujących generowanie odpadów budowlanych?			
Czy wg Pana/Pani przepisy dotyczące działań redukujących generowanie odpadów budowlanych w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje są skuteczne?			
Oceń czy zarządzanie odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje jest skuteczne?			
Czy zamierza Pan/Pani poświęcić więcej wysiłku i czasu na wdrażanie procesu zarządzania odpadami budowlanymi w przyszłości?			
Czy chciałby Pan/ Pani podnieść poziom świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w przedsiębiorstwie, w którym Pan/Pani pracuje?			

5 B. Czy ma Pan/Pani jakieś sugestie jak podnieść poziom świadomości w zakresie zarządzania odpadami budowlanymi w firmie, w której Pan/Pani pracuje oraz wśród otaczającego społeczeństwa?

CZĘŚĆ C

1 C. Proszę ocenić w skali od 1 do 5, które źródła generowania odpadów budowlanych wytwarzają najwięcej opadów.

Gdzie: 1 = minimalny wpływ na generowanie odpadów budowlanych, a 5 = bardzo duży wpływ na generowanie odpadów.

No	Źródła generowania odpadów budowlanych w poszczególnych fazach procesu budowlanego	Skala				
		1	2	3	4	5
	Faza projektowania					
1	Zmiany w projekcie dokonywane po rozpoczęciu budowy					
2	Brak uwagi poświęconej rozmiarom używanych wyrobów budowlanych					
3	Brak doświadczenia wykonawczego u projektanta					
4	Błędy w dokumentach projektowych					
5	Niekompletne dokumenty w momencie rozpoczęcia budowy					
6	Zbyt duża liczba informacji w dokumentach projektowych					
7	Zbyt mała liczba informacji w dokumentach projektowych					
8	Brak wiedzy u projektanta o wyrobach zastępczych					
9	Wybór wyrobów o niskiej jakości					
10	Brak wpływu wykonawców na dokumentację wykonawczą					
	Faza budowy	1	2	3	4	5
11	Błędy pracowników					
12	Wypadki i katastrofy					
13	Użycie niewłaściwych wyrobów wymagających wymiany					
14	Brak dokładnej informacji o ilości zamawianego wyrobu wynikające ze złego zarządzania projektem					
15	Spóźnienia w dostarczaniu specyfikacji stosowanych wyrobów do wykonawcy					
16	Używanie zepsutego bądź wadliwego sprzętu					
17	Warunki atmosferyczne					
18	Szkody spowodowane przez dostawców					
	Czynniki związane z zarządzaniem wyrobami	1	2	3	4	5
19	Uszkodzenia wyrobów podczas transportu na budowę lub już na samej budowie					
20	Niewłaściwe magazynowanie prowadzące do uszkodzenia lub całkowitego zniszczenia wyrobów					
21	Dostawa niewłaściwie zapakowanych wyrobów					
22	Kradzież lub wandalizm					
23	Wyrzucanie opakowań					
24	Błędy w zamawianiu wyrobów					
25	Brak możliwości zamówienia małej ilości wyrobów					

26	Zakup wyrobów niespełniających wymaganych specyfikacji					
	Kultura pracy	1	2	3	4	5
27	Brak szkoleń w zakresie ochrony środowiska i zarządzania odpadami					
28	Brak wsparcia ze strony kierownictwa w zakresie gospodarowania odpadami					
29	Brak świadomości dotyczącej negatywnego wpływu odpadów na środowisko					
30	Brak planu zarządzania odpadami i wyrobami na budowie					

2 C. Czy uważasz, że ta ankieta pomija jakiegokolwiek problemy związane z zarządzaniem odpadami budowlanymi? Jeśli tak, to jakie?

.....

.....

.....

.....

.....

*Ankieta została napisana na podstawie następujących opracowań naukowych:

1. L. L. Ekanayake, G. Ofori, Building waste assessment score: design-based tool, Building and Environment 39 (2004) 851 – 861

2. B. A. G. Bossink, H. J. H. Brouwers, Construction waste: quantification and source evaluation, JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT / MARCH 1996, 55 – 60

3. A. Al-Hajj, K. Hamani (2011), Material Waste in the UAE Construction Industry: Main Causes and Minimization Practices, Architectural Engineering and Design Management, 7:4, 221-235, DOI: 10.1080/17452007.2011.594576

Załącznik B - szczegółowe wyniki badań dotyczące metod redukcji odpadów budowlanych stosowanych przez przedsiębiorstwa budowlane.

Na podstawie analizy wyników obliczeń zamieszczonych w tabeli 6.5 określono, z dużym prawdopodobieństwem, zależności między zastosowaniem 13 metod redukcji odpadów betonowych dla 5 grup wyrobów budowlanych a wielkością przedsiębiorstwa, które przedstawiają się następująco:

1. Między metodą redukcji odpadów budowlanych ‘Odpowiednie magazynowanie’ a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:
 - a. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=10,711$; $p=0,03$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (81,8%), 250 i więcej pracowników (80,0%), 10-49 pracowników (58,5%) i 50-99 pracowników (53,3%) i 1-9 pracowników (47,6%).
 - b. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=11,433$; $p=0,022$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla płytek ceramicznych i kamiennych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (90,0%), 250 i więcej pracowników (81,8%), 10-49 pracowników (61,0%), 50-99 pracowników (53,3%) i 1-9 pracowników (54,8%).
 - c. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=11,179$; $p=0,025$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drewnianych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 250 i więcej pracowników (90,9%), 100-249 pracowników (90,0%), 50-99 pracowników (66,7%), 10-49 pracowników (61,0%) i 1-9 pracowników (59,5%).
 - d. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych i betonowych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.
- Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda ‘Odpowiednie magazynowanie’ najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa duże, liczące 100-249 pracowników oraz 250 i więcej pracowników, a najrzadziej przez najmniejsze przedsiębiorstwa zatrudniające 1-9 pracowników.
2. Między metodą redukcji odpadów budowlanych ‘Zamawianie wyrobów na wymiar i w odpowiedniej ilości’ a wielkością przedsiębiorstwa, nie zachodzą istotnie statystycznie zależności dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.
3. Między metodą redukcji odpadów budowlanych ‘Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami’ a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:
 - a. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=9,60$; $p=0,048$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (95,0%), 10-49 pracowników (63,4%), 50-99 pracowników (60,0%), 250 i więcej pracowników (59,1%) oraz 1-9 pracowników (57,1%).

- b. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych, betonowych, wykończeniowych i drewnianych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka Chi-2(4) < 9.487 oraz $p > 0,05$.

Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda 'Szkolenie pracowników w zakresie zarządzania odpadami' najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa duże, liczące 100-249 pracowników, a najrzadziej przez najmniejsze przedsiębiorstwa zatrudniające 1-9 pracowników.

4. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Stosowanie systemów monitorujących' a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:

- a. Istnieje istotna statystycznie ($\text{Chi}^2(4)=13,751$; $p=0,008$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych a przedsiębiorstwami zatrudniającymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 250 i więcej pracowników (81,8%), 50-99 pracowników (73,3%), 1-9 pracowników (57,1%) i 10-49 pracowników (46,3%).
- b. Istnieje istotna statystycznie ($\text{Chi}^2(4)=11,272$; $p=0,024$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów betonowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 250 i więcej pracowników (81,8%), 50-99 pracowników (73,3%), 1-9 pracowników (57,1%) i 10-49 pracowników (51,2%).
- c. Istnieje istotna statystycznie ($\text{Chi}^2(4)=13,754$; $p=0,008$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 250 i więcej pracowników (72,7%), 50-99 pracowników (53,3%), 1-9 pracowników (45,2%) i 10-49 pracowników (43,9%).
- d. Istnieje istotna statystycznie ($\text{Chi}^2(4)=16,369$; $p=0,003$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla płytek ceramicznych i kamiennych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 250 i więcej pracowników (77,3%), 50-99 pracowników (60%), 10-49 pracowników (43,9%) i 1-9 pracowników (42,9%).
- e. Istnieje istotna statystycznie ($\text{Chi}^2(4)=14,996$; $p=0,005$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drewnianych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 250 i więcej pracowników (72,7%), 50-99 pracowników (66,7%), 1-9 pracowników (52,4%) i 10-49 pracowników (39%).

Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda 'Stosowanie systemów monitorujących' najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa duże, liczące 100-249 pracowników, a najrzadziej przez przedsiębiorstwa małe zatrudniające 10-49 pracowników.

5. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów' a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:

- a. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=10,777$; $p=0,029$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 250 i więcej pracowników (95,5%), 100-249 pracowników (95%), 1-9 pracowników (81%), 10-49 pracowników (75,6%) i 50-99 pracowników (60%).
- b. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych, betonowych, wykończeniowych i drewnianych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda ‘Odpowiedni transport i rozładowywanie wyrobów’ najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa największe, liczące 250 i więcej pracowników, a najrzadziej przez przedsiębiorstwa zatrudniające 50-99 pracowników.

6. Między metodą redukcji odpadów budowlanych ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:
 - a. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=10,671$; $p=0,031$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (80%), 50-99 pracowników (73,3%), 250 i więcej pracowników (72,7%), 10-49 pracowników (48,8%) i 1-9 pracowników (47,6%).
 - b. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=17,855$; $p=0,001$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 250 i więcej pracowników (77,3%), 50-99 pracowników (60%), 100-249 pracowników (60%), 10-49 pracowników (43,9%) i 1-9 pracowników (26,2%).
 - c. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=11,495$; $p=0,022$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drewnianych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 250 i więcej pracowników (77,3%), 50-99 pracowników (66,7%), 100-249 pracowników (60%), 10-49 pracowników (41,5%) i 1-9 pracowników (40,5%).
 - d. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów betonowych i wykończeniowych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda ‘Odpowiednie zaangażowanie podwykonawców’ najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa duże, liczące 250 i więcej pracowników, i 100-249 pracowników, a najrzadziej przez najmniejsze przedsiębiorstwa zatrudniające 1-9 pracowników.

7. Między metodą redukcji odpadów budowlanych ‘Ochrona budowy’ a wielkością przedsiębiorstwa, nie zachodzą istotnie statystycznie zależności dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

8. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Zastosowanie elementów prefabrykowanych' a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:

- a. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=13,259$; $p=0,01$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 10-49 pracowników (53,7%), 50-99 pracowników (46,7%), 100-249 pracowników (45%), 250 i więcej pracowników (40,9%) i 1-9 pracowników (16,7%).
- b. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=12,315$; $p=0,015$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (35%), 250 i więcej pracowników (22,7%), 50-99 pracowników (20%), 10-49 pracowników (14,6%) i 1-9 pracowników (2,4%).
- c. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów betonowych, wykończeniowych i drewnianych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda 'Zastosowanie elementów prefabrykowanych' najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa liczące 10-49 pracowników i 100-249 pracowników, a najrzadziej przez najmniejsze przedsiębiorstwa zatrudniające 1-9 pracowników.

9. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Segregacja odpadów na budowie' a wielkością przedsiębiorstwa, nie zachodzą istotnie statystycznie zależności dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

10. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Wyznaczenie miejsca do segregacji odpadów' a wielkością przedsiębiorstwa, nie zachodzą istotnie statystycznie zależności dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

11. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Ponowne użycie wyrobów na budowie' a wielkością przedsiębiorstwa, zachodzą następujące zależności:

- a. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=9,862$; $p=0,043$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów betonowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (90%), 1-9 pracowników (81%), 10-49 pracowników (61%), 50-99 pracowników (60%) i 250 i więcej pracowników (59,1%).
- b. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=14,825$; $p=0,005$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drobnowymiarowych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (95%), 1-9 pracowników (78,6%), 250 i więcej pracowników (68,2%), 50-99 pracowników (60%) i 10-49 pracowników (51,2%).

- c. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=11,056$; $p=0,026$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla płytek ceramicznych i kamiennych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 1-9 pracowników (71,4%), 50-99 pracowników (66,7%), 250 i więcej pracowników (54,5%) i 10-49 pracowników (46,3%).
- d. Istnieje istotna statystycznie ($\chi^2(4)=13,027$; $p=0,011$) zależność między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów drewnianych a przedsiębiorstwami liczącymi, wg. kolejności malejącej: 100-249 pracowników (85%), 1-9 pracowników (81%), 50-99 pracowników (66,7%), 250 i więcej pracowników (63,6%) i 10-49 pracowników (48,8%).
- e. Wyniki obliczeń nie potwierdziły istotnej statystycznie zależności między zastosowaniem ww. metody dla wyrobów stalowych a wielkością przedsiębiorstwa. W tych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.

Podsumowując otrzymane wyniki możemy wnioskować, że metoda 'Ponowne użycie wyrobów na budowie' najczęściej jest stosowana przez przedsiębiorstwa liczące 100-249 pracowników, a najrzadziej przez przedsiębiorstwa zatrudniające 250 i więcej pracowników i 10-49 pracowników.

- 12. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Dostawa wyrobów w odpowiednim czasie' a wielkością przedsiębiorstwa, nie zachodzą istotnie statystycznie zależności dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.
- 13. Między metodą redukcji odpadów budowlanych 'Posiadanie planu wywożenia odpadów' a wielkością przedsiębiorstwa, nie zachodzą istotnie statystycznie zależności dla wszystkich grup analizowanych wyrobów budowlanych. We wszystkich analizowanych przypadkach statystyka $\chi^2(4) < 9,487$ oraz $p > 0,05$.