

Projektowanie z myślą o rozbiórce (DfD) w kontekście urbanistycznym: rekomendacje dla miast

Tomasz Broma

Politechnika Wrocławska

e-mail: tomasz.broma@pwr.edu.pl

ORCID: [0000-0002-0413-8192](https://orcid.org/0000-0002-0413-8192)

© 2025 Tomasz Broma

Praca opublikowana na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0). Skrócona treść licencji dostępna jest online na <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.pl>

Cytuj jako: Broma, T. (2025). Projektowanie z myślą o rozbiórce (DfD) w kontekście urbanistycznym: rekomendacje dla miast. *Biblioteka Regionalisty. Regional Journal*, (25), 34-47.

DOI [10.15611/br.2025.1.03](https://doi.org/10.15611/br.2025.1.03)

JEL: Q01, R52, L74

Streszczenie

Cel: Celem artykułu jest zbadanie możliwości przeniesienia zasad projektowania budynków z myślą o rozbiórce (*design for deconstruction*, DfD) do skali urbanistycznej oraz opracowanie praktycznych rekomendacji w tym zakresie dla władz lokalnych.

Metodyka: W badaniach zastosowano przegląd literatury, *desk research*, metodę porównawczą, metodę analogii oraz syntezę.

Wyniki: Wynikiem przeprowadzonych badań jest zestaw rekomendacji wspierających projektowanie z myślą o rozbiórce w skali miasta, obejmujących obszar planowania przestrzennego, standaryzacji technologii i materiałów, zarządzanie danymi, popularyzacji zasad DfD oraz budowania strategii.

Implikacje i rekomendacje: Implikacje przeprowadzonych analiz wskazują na konieczność systemowego włączenia zasad DfD do polityki miejskiej oraz praktyki urbanistycznej. Rekomenduje się rozwijanie narzędzi regulacyjnych, edukacyjnych i cyfrowych, które ułatwią wdrażanie DfD w skali miasta oraz zwiększą świadomość i zaangażowanie wszystkich interesariuszy.

Oryginalność/wartość: Zasady DfD, rozwijane do tej pory głównie w kontekście projektowania architektonicznego pojedynczych budynków, poddano analizie w celu ich przekształcenia na poziom urbanistyczny, co ma istotny wpływ na zoptymalizowanie i skoordynowanie rozbitych i niezależnych od siebie procesów projektowych. To z kolei może przełożyć się na zamknięcie obiegu materiałów budowlanych na danym obszarze, prowadząc ku urbanistyce cyrkularnej.

Słowa kluczowe: projektowanie z myślą o rozbiórce, architektura cyrkularna, urbanistyka cyrkularna, planowanie przestrzenne

1. Wstęp

Zgodnie z danymi Organizacji Narodów Zjednoczonych za rok 2022 sektor budowlany odpowiadał za 37% globalnych emisji zanieczyszczeń. Co istotne, za 10% tej wartości odpowiedzialny jest bezpośrednio przemysł związany z produkcją materiałów budowlanych (Global Alliance for Buildings and Construction, 2024, s. 29). Jednocześnie światowa roczna produkcja odpadów generowanych przez sektor budownictwa, będących pozostałościami procesu budowlanego oraz efektem wyburzeń, to 10 miliardów ton (Lakhout i Shaban, 2024). Zgodnie z danymi Eurostatu z września 2024 roku w samej tylko Unii Europejskiej jest to 860 milionów ton, co odpowiada za niemal 40% wszystkich tworzonych na tym terenie odpadów (Eurostat, 2024). Dane sugerują, że aż 89% z nich w Unii Europejskiej jest odzyskiwanych, a zaledwie 11% trafia ostatecznie na składowiska (Caro i in., 2024). W Polsce budownictwo odpowiada za około 10% wszystkich wytwarzanych odpadów – 10,7 milionów ton w 2023 roku z całkowitej produkcji na poziomie 109,3 milionów ton (Główny Urząd Statystyczny, 2024, s. 150). Ich poziom odzysku zbliżony jest do średniej europejskiej. Obejmuje łącznie około 91% odpadów (Tomaszewska, 2020). Poziomy odzysku odpadów z budownictwa w Unii Europejskiej wydają się bardzo wysokie i mogą wskazywać, że problem odpadów budowlanych jest marginalny. Wskazany powyżej wysoki wskaźnik odzysku jest jednak mylący. Nie odpowiada on bowiem wysokiej jakości procesom odzysku materiałów. Materiały te w większości przetwarzane są na kruszywa, a następnie wykorzystywane ponownie jako podkłady drogowe lub materiał zasypowy. Wynika to ze sposobu pozyskania w rozbiórce, który powoduje, że nie mają one odpowiednich właściwości technicznych do pełnienia pierwotnych funkcji (Caro i in., 2024). W rezultacie powyższy proces charakteryzuje się niskim poziomem cyrkularności.

Znajduje to swoje odzwierciedlenie w art. 4 przyjętej w 2008 roku przez Parlament Europejski oraz Radę Unii Europejskiej Dyrektywie ramowej w sprawie odpadów (2008/98/WE). Nakreślone zostało tam pojęcie hierarchii postępowania z odpadami. W spriorytetyzowanej liście uszeregowano działania, które państwa członkowskie powinny podejmować w celu ograniczenia ilości produkowanych odpadów oraz ich oddziaływania na środowisko naturalne. Najbardziej preferowanym postępowaniem jest zastosowanie metod prewencyjnych, zanim jeszcze odpady w ogóle powstaną. Oznacza to redukcję ich ilości, np. poprzez wydłużenie okresu funkcjonowania wytworzonych produktów. Dalej wymienia się początkowe przygotowanie do ponownego użycia – działanie oznaczające takie zaprojektowanie produktu, by zanim jeszcze stanie się odpadem, możliwe było jego powtórne wykorzystanie w całości lub części w pierwotnym przeznaczeniu. Trzeci poziom hierarchii to recykling, tj. wszelkie procesy prowadzące do odzysku rozumianego w tym przypadku jako ponowne przetworzenie powstałych już odpadów w produkty o nowym lub początkowym przeznaczeniu. Poziom niżej wymieniono wszelkie inne metody odzysku obejmujące np. odzysk energii z odpadów. Listę zamyka działanie mające na celu unieszkodliwianie odpadów, oznaczające różnorodne środki ich składowania (Dyrektywa Ramowa w Sprawie Odpadów, 2008).

Powyższe jednoznacznie wskazuje, że najpowszechniej wykorzystywany model postępowania z odpadami z budownictwa zakwalifikować można do środkowego szczebla hierarchii, poniżej którego znajduje się już wyłącznie odzysk energii i składowanie. W artykule podjęto zagadnienie wdrażania przede wszystkim dwóch pierwszych poziomów hierarchii, tj. zaplanowanego ponownego użycia oraz zapobiegania powstawaniu odpadów, ale także recyklingu pozostającego w obiegu zamkniętym. W odniesieniu do przewidywania powyższych działań już na etapie planowania budynku strategia ta określana jest mianem projektowania z myślą o rozbiórce (*design for deconstruction*, DfD). Charakteryzuje się ona podejściem projektowym, w ramach którego zakłada się nie tylko potencjalną przyszłą adaptację i renowację zużytego budynku, ale przede wszystkim z wyprzedzeniem planuje się ponowne wykorzystanie użytych do jego budowy elementów, tj. materiałów, komponentów, instalacji i łączów (Kanters, 2018, s. 150). Przyjęte rozwiązania projektowe mają więc na celu ułatwienie rozbiórki obiektu w końcowym etapie jego funkcjonowania (Addis, 2006, s. 199). Sama rozbiórka rozumiana jest tutaj jako proces polegający na zaplanowanym w momencie powstawania projektu usunięciu budynku lub jego części w sposób, który pozwala na dekonstrukcję elementów strukturalnych oraz demontaż

elementów niestrukturalnych (O'Grady i in., 2021, s. 2), tak aby mogły być one wykorzystane do realizacji nowego obiektu (Pristerà i in., 2024). W odróżnieniu od wyburzenia istotnym założeniem rozbiórki jest zachowanie komponentów i materiałów w możliwie nieuszkodzonym stanie w celu ich odzyskania do ponownego użycia (Tingley i Davison, 2011, s. 198). Projektowanie z myślą o rozbiórce to istotna strategia wspierająca gospodarkę cyrkularną i zrównoważony rozwój, szczególnie w kontekście wspomnianej skali odpadów budowlanych i wysokiej emisji zanieczyszczeń. Celem artykułu jest wyznaczenie rekomendacji, które umożliwiłyby przeniesienie istniejących i szeroko do tej pory opisanych zasad DfD z poziomu pojedynczego budynku na skalę miejską, co pozwalałoby na lepsze zarządzanie zasobami i integrację procesów w kontekście urbanistycznym.

2. Zasady DfD – stan wiedzy i pytania badawcze

Ze względu na tematykę artykułu jako podstawę przyjęto literaturę prezentującą wytyczne związane z projektowaniem z myślą o dekonstrukcji. Celem powyższego była weryfikacja, czy i w jakim stopniu dyskutowane aktualnie zasady projektowania z myślą o rozbiórce odnoszą się do szerszego niż pojedynczy budynek kontekstu urbanistycznego. Literatura dotycząca DfD, w której podjęto próbę zebrania i uporządkowania najważniejszych zasad z tego obszaru, obejmuje w różnym stopniu rozbudowane zbiory reguł. Badacze różnie także te zbiory klasyfikują, przyjmując wybrane kryteria. Kanters (2018) przyjmuje podział odnoszący się do ogólnych obszarów tematycznych: projektowanie budynku, materiały i połączenia, faza budowy i rozbiórki oraz zbiorcze zagadnienie komunikacji, kompetencji i wiedzy. Podobne podejście przyjęli Akinade i in. (2017), przypisując zasady do trzech ogólnych grup zbierających wytyczne dotyczące materiałów budowlanych, procesu projektowania i czynnika ludzkiego w tym procesie. Z kolei Tingley i Davison (2011) przyjmują podejście wartościujące zasady i nadają im wagi na podstawie ich częstotliwości pojawiania się w publikacjach. Crowther (2005) wiąże poszczególne zasady projektowania z myślą o rozbiórce z poziomami hierarchii postępowania z odpadami. Przypisuje je więc do procesów odzysku materiałów, przetwarzania komponentów, ponownego użycia komponentów lub relokacji budynku (Crowther, 2005). Najszerzy przegląd literatury przeprowadziły Kręt-Grześkowiak oraz Baborska-Narożny (2023). W publikacji autorki zaproponowały podział zasad ze względu na elementy budynku, takie jak materiał, komponenty, łączenia i układ przestrzenny, a także (jako uzupełnienie) dokumentacja projektowa (Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023). Roxas i in. (2023) zakładają podobny podział, wydzielając dodatkowo kategorię związaną z uproszczaniem projektu budynku. Bardziej ogólne od zaprezentowanego w powyższych publikacjach podejście do tematu zasad projektowania z myślą o rozbiórce ujęto w normie ISO 20887:2020. Dokument ten stanowi równocześnie jedno z nielicznych opracowań o charakterze regulacyjnym w tym obszarze (Derikvand i Fink, 2023). W normie przedstawiono generalne zasady DfD oraz kluczowe kwestie, które powinny być brane pod uwagę przez uczestników cyklu życia budynku, zwłaszcza projektantów zaangażowanych w opracowanie dokumentacji (International Organization for Standardization, 2020).

Ponadto należy także zaznaczyć cały obszar literatury obejmujący tematykę ekonomii i gospodarki cyrkularnej w odniesieniu do urbanistyki lub polityki miejskiej. Przykładem może być wielokrotnie cytowana publikacja Williams (2019), w której autorka prezentuje model zamkniętego obiegu zasobów w obrębie miasta. Podkreśla w nim rolę regeneracji zasobów, minimalizacji odpadów i integracji zarządzania przestrzenią (Williams, 2019). Publikacje te opisują jednak cyrkularność w odniesieniu do szerokiego spektrum zasobów, daleko wybiegające poza problematykę projektowania budynków z myślą o rozbiórce. W tym jednak zawężonym do sektora budownictwa obszarze istotny jest końcowy raport projektu *Circular Construction in Regenerative Cities* (CIRCuiT). Projekt prowadzony był w latach 2019-2023 w ramach programu Horyzont 2020, a jego celem było ukazanie, jak miasta mogą wdrażać, skalować i replikować cyrkularne techniki budowlane, wspierając przejście sektora budowlanego na gospodarkę cyrkularną (CIRCuiT, 2025). W końcowym raporcie zawarto m.in. rekomendacje (przedstawione w tabeli 1) dotyczące zwiększenia ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów

budowlanych (CIRCuiT, 2023, s. 32). Zalecenia te nie odnoszą się bezpośrednio do projektowania z myślą o rozbiórce, czyli przewidywania rozbiórki na etapie planowania inwestycji, a raczej do wdrażania rozwiązań gospodarki cyrkularnej do zastanej tkanki miejskiej. Mają one zatem charakter zaradczy, a nie prewencyjny. Niemniej stanowią istotną podstawę do opisanych w niniejszym artykule badań.

Tabela 1. Rekomendacje CIRCuiT dotyczące zwiększenia ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów budowlanych

Lp.	Rekomendacja	Interesariusze
1	Cyfryzacja procesu planowania i umożliwienie otwartego dostępu do danych.	Interesariusze publiczni
2	Utworzenie platform wymiany materiałów dla miasta.	Przemysł budowlany
3	Integrowanie danych zebranych podczas planowania z platformami wymiany materiałów.	Interesariusze publiczni
4	Opracowanie nieniszczących metod zapewniania jakości materiałów wtórnych.	Przemysł budowlany
5	Opracowanie alternatywnych opcji finansowania projektów pilotażowych.	Interesariusze publiczni
6	Organizacja tymczasowych miejskich obiektów magazynowych na obszarach wyburzeń.	Przemysł budowlany Interesariusze publiczni Interesariusze prywatni
7	Wyznaczenie standardów określających jakość i parametry materiałów wtórnych.	Przemysł budowlany Interesariusze publiczni
8	Ustanowienie szkoleń na temat udoskonalenia selektywnej rozbiórki.	Przemysł budowlany Interesariusze publiczni
9	Promowanie i edukowanie w zakresie ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów.	Przemysł budowlany Interesariusze publiczni
10	Opracowanie alternatywnych metod demontażu.	Przemysł budowlany

Źródło: (CIRCuiT, 2023).

Analizując aktualną literaturę z zakresu zasad projektowania z myślą o dekonstrukcji, stwierdzić można, że zebrane w poszczególnych publikacjach reguły DfD w skali budynku cechuje brak usystematyzowania – zauważalny jest różny poziom ich szczegółowości, a w konsekwencji także wybiórczość, co łącznie utrudnia zarówno generalne, jak i uszczegółowione spojrzenie na to zagadnienie. Ponadto, co szczególnie istotne dla omawianej tematyki, opisane w literaturze zasady DfD odnoszą się jednak w większości do skali budynku i bezpośrednio określają sposób jego projektowania, użytkowania i rozbiórki. Pomijany jest niemal zupełnie szerszy, urbanistyczny kontekst tego problemu, w którym projektowany obiekt umieszczony jest w ujęciu lokalnym lub miejskim. Takie sieciowe podejście mogłoby stanowić wieloaspektową zachętę dla uczestników procesu inwestycyjno-budowlanego do wprowadzania w życie zasad projektowania z myślą o rozbiórce. Ponadto w skali danego obszaru mogłoby także pozwolić na zoptymalizowanie i skoordynowanie rozbitych i niezależnych od siebie procesów projektowych poszczególnych obiektów, co z wielokrotnością potencjalne korzyści. Brak takiego właśnie szerszego podejścia do projektowania z myślą o rozbiórce jest główną motywacją podjęcia tematu artykułu, a obecny stan wiedzy – punktem wyjścia do przeprowadzonego badania.

Głównym celem niniejszego artykułu jest ukazanie sposobu, w jaki zasady projektowania z myślą o rozbiórce mogą zostać przeniesione z poziomu pojedynczego budynku na skalę miasta. Założonym efektem jest usystematyzowana lista zaleceń w formie rekomendacji dla władz lokalnych, które umożliwiłyby systemowe wdrażanie DfD. W związku z tym przyjęto problem badawczy wyrażony poprzez następujące pytania badawcze:

1. W jaki sposób polityka miejska może wspierać projektowanie z myślą o rozbiórce?
2. Jakie konkretne rekomendacje można sformułować dla władz lokalnych, aby usprawnić koordynację działań i wdrażanie projektowania z myślą o dekonstrukcji na poziomie miasta?

3. Metodologia

W pierwszym etapie badania przeprowadzono przegląd literatury. Przeanalizowano w nim wspomniane już wcześniej przeglądowe teksty, które agregują zasady projektowania z myślą o rozbiórce. Korzystając z metody *desk research*, zbiór tych zasad w pierwszej kolejności ujednolicono – powielające się lub bliskoznaczne zasady zostały scalone. Następnie uporządkowano je. Dla większej przejrzystości właściwe reguły zostały zebrane w grupach odnoszących się do faz projektowych. Dodatkowo najobszerniejsza z faz, faza projektowa, podzielona została na kategorie obejmujące: zasady ogólne, bryłę i rzut, strukturę, materiały, komponenty, instalacje oraz łączenia i montaż.

W drugim etapie, korzystając z metody porównawczej, opracowany zbiór zasad DfD przyrównano do rekomendacji CIRCuIT. Celem tego zabiegu była weryfikacja, czy rekomendacje te obejmują wszystkie zasady DfD, a w związku z tym czy są one wystarczające do przeniesienia DfD do skali miejskiej. Następnie odwołując się do metody analogii, tj. poszukiwania podobieństw i w ten sposób dochodzenia do ustaleń (Buda, 2006, s. 139), listę uzupełniono w miejscach, gdzie nie odnaleziono odniesienia do rekomendacji CIRCuIT, rozwinęto ją też w miejscach, w których dopasowanie było niewystarczające. Dla każdej z pierwotnych zasad DfD opracowano więc zasadę analogiczną, tyle że odnoszącą się już nie do pojedynczego obiektu, a do sposobu kształtowania polityki miejskiej w tym obszarze.

W ostatnim etapie badania przy użyciu metody syntezy lista wyprowadzonych zasad została zweryfikowana. W pierwszej kolejności powtarzające się lub podobne zasady zostały scalone. Następnie zostały one usystematyzowane tematycznie. W ten sposób powstał uporządkowany zestaw rekomendacji dla miejskiej polityki sprzyjającej projektowaniu z myślą o rozbiórce.

4. Rezultaty badań

4.1. Zasady projektowania z myślą o rozbiórce w skali budynku

Zgodnie z opisem metodologii w pierwszej fazie badania ze wskazanych w przeglądzie literatury tekstów wyabstrahowane zostały zasady projektowania budynków z myślą o ich przyszłej rozbiórce. W dalszej kolejności zostały one ujednolicone, w przypadku takiej konieczności scalone, a następnie uporządkowane. Tak opracowany zbiór zasad w pełni przedstawiony został w tabeli 2 w kolumnie A. Stwierdzić można, że zasady ujęte zostać mogą w trzech grupach w zależności od fazy ich zastosowania w procesie projektowym.

1. Zasady mające zastosowanie w fazie przedprojektowej

W tej fazie szczególnie ważne jest zadbanie o odpowiedni poziom wiedzy i kompetencji wśród wszystkich uczestników procesu. Pozwala to na pełne zrozumienie założeń i korzyści płynących z DfD, a także na uwzględnienie dodatkowych zasobów na prowadzenie rozwiązań ułatwiających demontaż obiektu. W tym etapie kluczowe jest również określenie mierzalnych celów. Dzięki temu można w sposób systematyczny monitorować skuteczność wdrożenia rozwiązań i dokonywać ewentualnych korekt na dalszych etapach. Zasady tej fazy odpowiadają za zapewnienie właściwych warunków organizacyjnych i merytorycznych dla dalszego procesu.

2. Zasady mające zastosowanie w fazie projektowej

Odpowiednie zastosowanie zasad w fazie projektowej ma za zadanie umożliwienie i uproszczenie przyszłego demontażu, ale także wydłużenie czasu funkcjonowania budynku (odsunięcie w czasie momentu rozbiórki) poprzez zapewnienie funkcjonalnej i przestrzennej elastyczności oraz łatwości modyfikacji. Projektowanie takie opiera się na wyborze rozwiązań przede wszystkim trwałych oraz zwiększających szanse na ponowne wykorzystanie komponentów i materiałów. Ważne jest przy tym zachowanie standardowej, a zarazem prostej struktury obiektu, umożliwiającej jego łatwe przystosowywanie do zmieniających się potrzeb. Równolegle zwraca się uwagę na formy łączeń

pozwalające wielokrotnie montować i demontować te same elementy, a także na ich odpowiednie oznaczenie i udostępnienie, tak by ułatwić serwisowanie i konserwację. Równie ważny jest dobór materiałów, które wyróżniają się trwałością, bezpieczeństwem, a po zużyciu mogą być ponownie wykorzystane lub poddane recyklingowi.

3. Zasady mające zastosowanie w fazie poprojektowej

W fazie poprojektowej kluczowe jest zadbanie o rzetelną dokumentację powykonawczą, uzupełnioną o szczegółowe spisy wszystkich zastosowanych technologii, komponentów, materiałów, łączów i instalacji. Takie podejście ułatwia późniejsze prace remontowe, modernizacje adaptacyjne i ostatecznie rozbiórkę. Istotne jest również, aby zapewnić dostęp do zapasowych elementów, co pozwala na szybką wymianę zużytych lub uszkodzonych części budynku i skutecznie przedłużyć jego cykl życia. Dzięki powyższym działaniom rozwiązania wprowadzane w fazie przedprojektowej i projektowej mogą być w pełni zrealizowane w przyszłości oraz wspierać jednocześnie zrównoważone gospodarowanie zasobami.

Tabela 2. Zasady projektowania z myślą o rozbiórce

A	B	C
Zasady DfD w skali budynku	Rekomendacje CIRCuIT	Rozwinięcie/uzupełnienie rekomendacji
1	2	3
Faza przedprojektowa		
Zapewnienie kompetencji oraz wiedzy zespołowi projektowemu, klientowi oraz wykonawcy na temat metody DfD (Akinade i in., 2017; Kanthers, 2018; (Tingley i Davison, 2011)).	8. Ustanowienie szkoleń na temat udoskonalenia selektywnej rozbiórki. 9. Promowanie i edukowanie w zakresie ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów.	Finansowanie badań, organizacja szkoleń i warsztatów dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjno-budowlanego dotyczących uwzględniania rozbiórki już na etapie projektowania.
Zapewnienie dodatkowego czasu na wprowadzenie rozwiązań z zakresu DfD oraz przygotowanie planu dekonstrukcji (Akinade i in., 2017; CIRCuIT, 2023; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023).	Brak odniesienia.	Wprowadzenie zachęt dla inwestycji uwzględniających miejskie wytyczne DfD.
Ustanowienie celów związanych z procentowym udziałem w budynku elementów do ponownego wykorzystania (Akinade i in., 2017).	Brak odniesienia.	Wyznaczanie konkretnych, mierzalnych i osiągalnych celów związanych z DfD. Opracowanie miejskich strategii pozwalających na zrealizowanie przyjętych celów.
Faza projektowa		
<i>zasady ogólne</i>		
Przygotowanie planu rozbiórki w czasie procesu projektowego (Akinade i in., 2017; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Wprowadzenie zachęt dla opracowania planów dekonstrukcji jako części dokumentacji projektowej.
Ułożenie elementów budynku w warstwach na podstawie przewidywanego czasu ich funkcjonowania (elementy o krótszym czasie użytkowania bliżej warstw zewnętrznych) (Akinade i in., 2017; CIRCuIT, 2023; Kanthers, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	7. Wyznaczenie standardów określających jakość i parametry materiałów wtórnych.	Wyznaczenie standardów określających minimalny czas funkcjonowania pierwotnych elementów budynków.
Ułatwienie dostępu i nieprzysłanianie elementów budynku (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kanthers, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Tingley i Davison, 2011).		
Zapewnienie możliwości równoczesnego montażu (lub demontażu) różnych elementów budynku (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kanthers, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Opracowanie harmonogramów cyklu życia budynków i jego poszczególnych elementów, co umożliwi koordynację procesów montażu, demontażu, ponownego wykorzystania i recyklingu.

1	2	3
Projektowanie z myślą o wykorzystaniu powszechnie dostępnych narzędzi i technologii (CIRCulT, 2023; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Wyznaczenie standardów dla technologii budowlanych – baza preferowanych technologii, park dostępnych narzędzi.
bryła i rzut		
Zastosowanie nieskomplikowanej geometrii budynku (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Regulowanie w zapisach planistycznych geometrii budynków.
Wprowadzenie modularnego układu budynku (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Uwzględnienie w zapisach planistycznych modularnej siatki urbanistycznej.
Zastosowanie otwartego i elastycznego planu budynku (Akinade i in., 2017; CIRCulT, 2023; Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Regulowanie w zapisach planistycznych sprzyjającej adaptacji geometrii budynków.
struktura		
Zastosowanie standardowego układu siatki konstrukcyjnej (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023).	Brak odniesienia.	Wyznaczenie standardów w zakresie rozwiązań konstrukcyjnych – baza rozwiązań.
Zastosowanie modularnego układu siatki konstrukcyjnej (Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Tingley i Davison, 2011).		
Zastosowanie systemu konstrukcyjnego nadającego się do łatwej i efektywnej rozbiórki (Akinade i in., 2017).		
materiały		
Stosowanie możliwie jak najtrwalszych materiałów (CIRCulT, 2023; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	7. Wyznaczenie standardów określających jakość i parametry materiałów wtórnych.	Wyznaczenie standardów określających trwałość materiałów – np. minimalny czas funkcjonowania lub krotność ponownego użycia.
Unikanie materiałów toksycznych i niebezpiecznych (CIRCulT, 2023; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Określenie wymagań w zakresie certyfikacji i atestowania materiałów.
Minimalizowanie liczby użytych typów materiałów (Akinade i in., 2017; CIRCulT, 2023; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Wyznaczenie standardów w zakresie typów materiałów – baza rozwiązań.
Stosowanie materiałów nadających się do ponownego wykorzystania lub recyklingu (Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Tingley i Davison, 2011).	7. Wyznaczenie standardów określających jakość i parametry materiałów wtórnych.	Brak konieczności uzupełniania.
Stosowanie materiałów wytwarzanych lokalnie (Akinade i in., 2017; CIRCulT, 2023; Roxas i in., 2023).	Brak odniesienia.	Promowanie lokalnych producentów materiałów – opracowanie bazy materiałów lokalnych.
Zapewnienie identyfikacji zastosowanych materiałów (CIRCulT, 2023; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023).	1. Cyfryzacja procesu planowania i umożliwienie otwartego dostępu do danych. 2. Utworzenie platform wymiany materiałów dla miasta.	Zapewnienie czytelnej identyfikacji materiałów w budynku.
komponenty		
Projektowanie trwałych komponentów wytrzymałych wielokrotne użycie (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005).	7. Wyznaczenie standardów określających jakość i parametry materiałów wtórnych.	Wyznaczenie standardów określających trwałość pierwotnych komponentów – np. minimalny czas funkcjonowania lub krotność ponownego użycia.

1	2	3
Minimalizowanie liczby i typów użytych komponentów (CIRCuiT, 2023; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Wyznaczenie standardów w zakresie typów komponentów – baza rozwiązań.
Stosowanie prefabrykowanych komponentów (Akinade i in., 2017; CIRCuiT, 2023; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	4. Opracowanie nieniszczących metod zapewniania jakości materiałów wtórnych.	Wyznaczenie standardów w zakresie typów i parametrów komponentów – baza rozwiązań.
Wytwarzanie nierozdzielnych komponentów budynku z użyciem jednego materiału, unikanie kompozytów (Akinade i in., 2017; CIRCuiT, 2023; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	4. Opracowanie nieniszczących metod zapewniania jakości materiałów wtórnych.	Brak konieczności uzupełniania.
Projektowanie z myślą o operowaniu i manewrowaniu komponentami budynku (zapewnienie właściwych wielkości elementów i metod manipulowania nimi) (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Tingley i Davison, 2011).	10. Opracowanie alternatywnych metod demontażu.	Brak konieczności uzupełniania.
Zapewnienie identyfikacji zastosowanych komponentów (Crowther, 2005).	1. Cyfryzacja procesu planowania i umożliwienie otwartego dostępu do danych. 2. Utworzenie platform wymiany materiałów dla miasta.	Zapewnienie czytelnej identyfikacji komponentów w budynku.
<i>instalacje</i>		
Zapewnienie niezależności oraz łatwego dostępu do urządzeń i instalacji w celu ich obsługi i konserwacji (Akinade i in., 2017; CIRCuiT, 2023; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Planowanie miejskiej infrastruktury i sieci w sposób modułowy.
Redukowanie wykorzystania urządzeń i instalacji poprzez stosowanie rozwiązań pasywnych (Akinade i in., 2017).	Brak odniesienia.	Wspieranie pasywnych rozwiązań w celu uproszczenia budynku, a w konsekwencji zmniejszenia potencjału awaryjności.
<i>łączenia</i>		
Stosowanie łatwych do demontażu połączeń mechanicznych, unikanie połączeń chemicznych (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kanters, 2018; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	Wyznaczenie standardów określających trwałość i odwracalność połączeń.
Stosowanie wytrzymałych połączeń znoszących wielokrotne użycie (Akinade i in., 2017; CIRCuiT, 2023; Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	Brak odniesienia.	
Redukowanie liczby i typów połączeń (Akinade i in., 2017; CIRCuiT, 2023; Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	10. Opracowanie alternatywnych metod demontażu.	Wyznaczenie standardów w zakresie rozwiązań montażowych – baza rozwiązań.
Zapewnienie dostępu do punktów mocowania i unikanie ich zasłaniania (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Tingley i Davison, 2011).		
Zapewnienie tolerancji montażowych (Akinade i in., 2017; CIRCuiT, 2023; Crowther, 2005; Roxas i in., 2023).		
Zapewnienie identyfikacji zastosowanych połączeń (Crowther, 2005).	1. Cyfryzacja procesu planowania i umożliwienie otwartego dostępu do danych. 2. Utworzenie platform wymiany materiałów dla miasta.	Zapewnienie czytelnej identyfikacji łączy w budynku.

1	2	3
Faza poprojektowa		
Zapewnienie pełnej dokumentacji powykonawczej (Akinade i in., 2017; CIRCuIT, 2023; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	1. Cyfryzacja procesu planowania i umożliwienie otwartego dostępu do danych. 3. Integrowanie danych zebranych podczas planowania z platformami wymiany materiałów.	Tworzenia cyfrowych bliźniaków miast, które integrują dokumentację powykonawczą inwestycji budowlanych, dane o ich elementach oraz informacje umożliwiające planowanie ich demontażu i ponownego wykorzystania w skali urbanistycznej.
Zapewnienie spisu wszystkich elementów, komponentów i materiałów użytych w budynku (Akinade i in., 2017; CIRCuIT, 2023; Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023; Roxas i in., 2023; Tingley i Davison, 2011).	1. Cyfryzacja procesu planowania i umożliwienie otwartego dostępu do danych. 2. Utworzenie platform wymiany materiałów dla miasta.	Organizacja centralnego miejskiego katalogu zasobów budowlanych, wspierającego wymianę i ponowne użycie materiałów w nowych projektach.
Zapewnienie dostępu do zapasowych elementów budynku (Akinade i in., 2017; Crowther, 2005; Kręt-Grześkowiak i Baborska-Narożny, 2023).	6. Organizacja tymczasowych miejskich obiektów magazynowych na obszarach wyburzeń.	Utworzenie miejskich magazynów wymiany materiałów, które umożliwiają dostęp do zapasowych komponentów i elementów budowlanych dla nowych inwestycji.

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji wymienionych w tabeli.

4.2. Rekomendacje wspierające projektowanie z myślą o rozbiórce w skali miasta

Tak opracowana lista zasad DfD porównana została z rekomendacjami CIRCuIT (tab. 2, kolumna B). Na tej podstawie stwierdzono, że tylko część zasad DfD znajduje bezpośrednie odniesienia w rekomendacjach. Obszarami o największym dopasowaniu były aspekty związane z cyfryzacją procesu projektowego, wymianą, pozyskiwaniem i integracją danych oraz tworzeniem platform wymiany informacji. Natomiast największe braki dotyczyły przede wszystkim zasad odnoszących się do kształtowania budynku, standaryzacji i upraszczania rozwiązań budowlanych, certyfikacji i oznaczania elementów budynku, ustanawiania strategii, celów i dokumentacji, a także harmonogramowania procesu rozbiórki. W związku z tym celem uzupełnienia powyższych braków przeprowadzono kolejny etap analizy z wykorzystaniem metody analogii. Wynikiem tego działania jest zawarta w tabeli 2 kolumna C. W rezultacie każdej z zasad odnoszącej się do pojedynczego budynku przypisane zostało działanie, które wdrożone na poziomie władz miejskich wspierałoby projektowanie z myślą o dekonstrukcji.

Następnie zasady te poddane zostały syntezie i usystematyzowaniu. W efekcie powstała uporządkowana lista rekomendacji, która zawarta została w całości w tabeli 3. Rekomendacje te, przeznaczone do wdrożenia przez administrację samorządową (głównie władz miejskich), obejmują działania w obrębie pięciu kategorii:

A. Budowanie strategii

Rekomendacje w zakresie budowania strategii wiążą się z uwzględnieniem zasad DfD w miejskich strategiach i politykach rozwojowych. Ich wprowadzanie wymaga finansowania na rzecz prowadzenia badań, analiz i konsultacji społecznych w tym obszarze. Na tej podstawie możliwe jest wyznaczanie konkretnych, mierzalnych i osiągalnych celów w zakresie efektywności prowadzonej polityki, co z kolei pozwala na systematyczną ewaluację postępów i skuteczności wdrożenia. Opracowanie strategii miejskich umożliwia realizację tych założeń w sposób spójny i zintegrowany, wspierając długoterminowe zarządzanie zasobami oraz minimalizację odpadów w sektorze budowlanym.

B. Planowanie przestrzenne

W ramach planowania przestrzennego opisano rekomendacje koncentrujące się na dostosowaniu miejskich regulacji planistycznych oraz infrastruktury do zasad DfD. Istotna jest w tym przypadku implementacja zasad projektowania z myślą o dekonstrukcji do prawa miejscowego, szczególnie do dokumentów planistycznych, które mogą obejmować kwestie dotyczące łatwości

przekształcania przestrzeni miejskiej (elastyczność i modularność tkanki miejskiej) i regulować rozwiązania w zakresie geometrii budynków. W zakresie planowania pozostaje również kwestia dostosowania infrastruktury miejskiej, aby sprzyjała idei wydłużania cyklu życia obiektów (adaptacji i modyfikacji) oraz ich ułatwionej rozbiórki. Takie świadome przygotowanie i skoordynowane planowanie przełożyć się może na cyrkularne gospodarowanie zasobami w obrębie danej jednostki.

C. Standaryzowanie

Trzecia grupa zaleceń koncentruje się na standaryzacji, której celem jest wypracowanie jednolitych wytycznych dotyczących technologii budowlanych, konstrukcji, materiałów, komponentów oraz rozwiązań montażowych i instalacyjnych wspierających ideę dekonstrukcji. Ujednolicenie tych elementów na określonym obszarze może pozwolić na zamknięcie ich obiegu w skali miasta. Ważnym aspektem jest również określenie minimalnej trwałości oraz przydatności poszczególnych elementów do ponownego użycia lub recyklingu, co umożliwiłoby precyzyjne skoordynowanie ich cyklu życia. Miejskie standardy w postaci wytycznych projektowych lub bazy dobrych rozwiązań i praktyk mogłyby przyczynić się do zmniejszenia ogólnej różnorodności elementów w obiegu. To z kolei mogłoby skutkować efektywniejszym gospodarowaniem zasobami oraz łatwiejszą ich koordynacją.

D. Zarządzanie danymi i zasobem

Rekomendacje związane z zarządzaniem danymi i zasobem koncentrują się na tworzeniu narzędzi cyfrowych oraz rozwiązań logistycznych, które usprawniają obieg materiałów i elementów budowlanych w skali całego miasta. Istotnym narzędziem jest koncepcja cyfrowych bliźniaków, integrujących dokumentację powykonawczą budynków i szczegółowe dane o zastosowanych w nich elementach. Dzięki temu możliwe jest planowanie przyszłego demontażu i ponownego wykorzystania lub recyklingu, co przekłada się na bardziej efektywne gospodarowanie zasobami. Równie ważne jest wdrażanie miejskiego systemu katalogów wspomagającego identyfikację i śledzenie poszczególnych elementów oraz materiałów, aby ułatwić ich wymianę lub użycie w nowych projektach. Dopełnieniem całości są miejskie magazyny wymiany, zapewniające przestrzeń do składowania i udostępniania zasobów, co wspiera ideę „urban mining” i ogranicza konieczność pozyskiwania pierwotnych materiałów.

E. Informowanie i promowanie

Rekomendacje z zakresu informowania i promowania projektowania z myślą o rozbiórce koncentrują się na stworzeniu warunków sprzyjających spopularyzowaniu tego podejścia. Istotne w tym obszarze jest zatem upowszechnianie wiedzy na ten temat wśród wszystkich uczestników procesu inwestycyjno-budowlanego, co pozwala na zapoznanie się z zasadami gospodarki cyrkularnej i praktycznymi aspektami projektowania z myślą o dekonstrukcji już na wczesnych etapach realizacji projektu. Równie istotne jest opracowanie i wprowadzanie zachęt w postaci wsparcia finansowego, ulg czy ułatwień administracyjnych, którymi nagradzane byłoby wpisanie się w miejskie standardy oraz opracowywanie planów dekonstrukcji kompatybilnych z miejskimi systemami. Takie działania zwiększałyby świadomość uczestników procesu, a zarazem mogłyby zachęcić do wdrażania wypracowanych zasad.

Tabela 3. Rekomendacje dla władz miejskich wspierające DfD w skali miasta

A	Budowanie strategii
A1	Finansowanie badań i opracowanie miejskich strategii i polityk z zakresu DfD.
A2	Wyznaczanie konkretnych, mierzalnych i osiągalnych celów związanych z DfD oraz ewaluacja ich realizacji.
A3	Opracowanie miejskich strategii pozwalających na zrealizowanie przyjętych celów.
B	Planowanie przestrzenne
B1	Uwzględnienie w zapisach planistycznych regulacji dotyczących geometrii budynków odpowiadających zasadom DfD (uproszczona, elastyczna i modularna bryła oraz plan budynku, które umożliwiają łatwą adaptację, a następnie rozbiórkę i ponowne wykorzystanie powtarzalnych elementów).

B	Planowanie przestrzenne
B2	Uwzględnienie w zapisach planistycznych regulacji dotyczących siatki urbanistycznej odpowiadającej zasadom DfD (modularna siatka urbanistyczna powiązana ze zestandaryzowanym miejskim modulem budowlanym daje elastyczność tkanki miejskiej).
B3	Uwzględnienie w infrastrukturze miejskiej rozwiązań wspierających DfD (zapewnienie odpowiedniej obsługi komunikacyjnej i logistycznej, modularność sieci pozwalająca na dostosowywanie się do elastycznej tkanki miejskiej).
C	Standaryzowanie
C1	Wyznaczenie standardów w zakresie pierwotnych technologii budowlanych, rozwiązań konstrukcyjnych, materiałów, komponentów, rozwiązań montażowych i instalacyjnych przyszłej rozbiórki (np. baza rozwiązań i dobrych praktyk, park maszyn).
C2	Wyznaczenie standardów określających trwałość poszczególnych elementów budynków, tj. minimalny czas ich funkcjonowania oraz krotność ponownego użycia, a także w zakresie certyfikacji i atestowania materiałów pod kątem bezpieczeństwa i zdolności do ponownego wykorzystania oraz recyklingu.
C3	Tworzenie ujednoliconego i czytelnego systemu identyfikacji materiałów i elementów w budynku, powiązanych z katalogami cyfrowymi.
D	Zarządzanie danymi i zasobem
D1	Tworzenia cyfrowych bliźniaków miast, które integrują dokumentację powykonawczą inwestycji budowlanych, dane o ich elementach oraz informacje umożliwiające harmonogramowanie, koordynację i planowanie ich demontażu oraz ponownego wykorzystania w skali urbanistycznej.
D2	Tworzenie miejskiego systemu cyfrowych katalogów zasobów budowlanych, wspierającego wymianę i ponowne użycie materiałów w nowych projektach, w tym wdrożenie systemów identyfikacji i śledzenia elementów budynków (np. paszporty).
D3	Utworzenie miejskich magazynów wymiany materiałów, które umożliwiają składowanie i dostęp do komponentów i elementów budowlanych dla nowych inwestycji („urban mining”).
E	Informowanie i promowanie
E1	Organizacja szkoleń i warsztatów dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjno-budowlanego dotyczących gospodarki cyrkularnej i zasad projektowania z myślą o dekonstrukcji.
E2	Wprowadzenie zachęt do uwzględniania w inwestycjach miejskich wytycznych projektowania z myślą o dekonstrukcji.
E3	Wprowadzenie zachęt dla opracowania planów dekonstrukcji i modeli BIM jako części dokumentacji projektowej.

Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzona analiza potwierdza, że polityka miejska może wspierać projektowanie z myślą o rozbiórce poprzez wdrażanie kompleksowych polityk i strategii, które integrują takie podejście z procesami planowania przestrzennego i rozwojem infrastruktury miejskiej. Kluczowe jest także tworzenie wytycznych i ram organizacyjnych, które sprzyjają łatwości adaptacji i demontażu obiektów budowlanych oraz wspierają cyrkularny obieg zasobów. Władze lokalne mogą odegrać również istotną rolę w promowaniu projektowania z myślą o rozbiórce, zapewniając środowisko sprzyjające jego popularyzacji i wdrażaniu w skali całego miasta.

Rekomendacje dla władz miejskich obejmują działania wspierające koordynację i zarządzanie procesami związanymi z projektowaniem z myślą o rozbiórce. Należy zapewnić odpowiednie środki i narzędzia do implementacji tych zasad, a także stworzyć mechanizmy umożliwiające ich systematyczne monitorowanie i doskonalenie. Kluczowe jest również budowanie świadomości i wspieranie współpracy między interesariuszami, co sprzyja lepszemu zrozumieniu korzyści płynących z tego podejścia. W ten sposób polityka miejska może stanowić fundament dla skutecznego wdrażania idei projektowania z myślą o rozbiórce, przyczyniając się do efektywnego gospodarowania zasobami i wspierania zrównoważonego rozwoju.

5. Wnioski i dyskusja

Przeprowadzone badania wskazują, że skuteczne wdrożenie zasad DfD w skali miasta wymaga zintegrowanego podejścia obejmującego działania na poziomie budowania strategii, planowania przestrzennego, standaryzacji, promocji oraz zarządzania zasobami i informacją. Ważną rolę w tym procesie odgrywa polityka miejska, która poprzez odpowiednie regulacje i strategie może stworzyć warunki sprzyjające projektowaniu z myślą o rozbiórce. W efekcie przeprowadzonych badań powstała lista rekomendacji dla władz miejskich, która wskazuje kluczowe obszary działań i potencjalne rozwiązania w tym zakresie. Wyniki badań uzupełniają aktualną literaturę, przenosząc opisywane do tej pory zasady projektowania z myślą o rozbiórce ze skali pojedynczego budynku do skali miejskiej. Ich wdrożenie na tym poziomie może przynieść istotne korzyści:

- W obszarze zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska może przyczynić się do redukcji odpadów budowlanych poprzez ponowne wykorzystanie materiałów i elementów budynków. Wiąże się to także z ograniczeniem emisji zanieczyszczeń ze względu na mniejsze zapotrzebowanie na nowe surowce.
- Projektowanie z myślą o dekonstrukcji może także skutkować oszczędnościami ekonomicznymi z uwagi na niższe koszty budowy związane z wykorzystaniem materiałów z odzysku. Zmniejszają się także wydatki operacyjne, co jest efektem ułatwionej konserwacji.
- Ponadto istotne jest także efektywne zarządzanie zasobami poprzez centralizację danych oraz łatwy dostęp do informacji o materiałach, komponentach i budynkach. Pozwala to także na optymalizację logistyki – sprawniejsze planowanie transportu, przechowywania i ponownego wykorzystania materiałów.
- Zwiększyć się może także elastyczność urbanistyczna jako wynik szybszego dostosowania się przestrzeni oraz łatwości rekonfiguracji budynków i infrastruktury miejskiej do zmieniających się potrzeb mieszkańców.
- Wspierane są także innowacje (poprzez zachęty do wdrażania nowoczesnych rozwiązań cyfrowych) oraz lokalne przedsiębiorstwa (poprzez promowanie lokalnych materiałów i firm zajmujących się recyklingiem i ponownym wykorzystaniem zasobów).

Zwrócić należy jednak również uwagę na potencjalne, bariery, jakie mogą zostać napotkane podczas wdrażania projektowania z myślą o dekonstrukcji. Mogą one wynikać z ograniczeń zarówno technicznych, jak i organizacyjnych, finansowych czy społecznych. Wymienić należy:

- Wysokie koszty finansowe i operacyjne, a szczególnie wysokie koszty początkowe (inwestycje w technologie cyfrowe oraz infrastrukturę). Istotne są również koszty utrzymania i stałe wydatki na wdrażanie systemów i utrzymanie magazynów zasobów.
- Kluczowe pozostają problemy technologiczne i organizacyjne. Brak interoperacyjności wiąże się z trudnościami w integracji różnych systemów informacyjnych używanych przez interesariuszy, a złożoność danych wymusza konieczność gromadzenia, aktualizacji i utrzymywania wysokiej jakości danych o zasobach i budynkach.
- Istotny jest także niedobór regulacji i standardów, który wynika z niewystarczających przepisów dotyczących stosowania zasad projektowania z myślą o dekonstrukcji przy jednoczesnym braku kompetencji organów władz miejskich do ich wprowadzania.
- Ograniczenia świadomości i kompetencji związane z niewystraszającą wiedzą interesariuszy na temat potencjalnych korzyści, a także niedostateczne kompetencje techniczne w zakresie wykorzystania nowoczesnych technologii mogą stanowić istotną barierę wdrożeniową. Może się to także wiązać z trudnościami w pozyskiwaniu informacji od prywatnych właścicieli budynków i firm budowlanych.
- Zwrócić należy także uwagę na logistyczne wyzwania, a w tym obszarze niedostateczną infrastrukturę.

- Nie bez znaczenia są również aspekty związane z degradacją materiałów i elementów, a w konsekwencji ryzyko obniżenia jakości zasobów z odzysku, co ogranicza ich ponowne wykorzystanie.

Dalsze badania nad projektowaniem z myślą o rozbiórce w odniesieniu do skali miasta powinny koncentrować się na likwidowaniu wymienionych powyżej barier. W tym kontekście wartościowa byłaby weryfikacja rzeczywistych zysków środowiskowych wynikających z wdrożenia projektowania z myślą o rozbiórce w skali miejskiej. Badania powinny uwzględniać wpływ na redukcję zanieczyszczeń, oszczędność surowców i zmniejszenie ilości odpadów budowlanych w długoterminowej perspektywie. Ponadto dalsze badania powinny koncentrować się na ocenie finansowych aspektów wdrażania projektowania z myślą o rozbiórce ze szczególnym uwzględnieniem kosztów początkowych, utrzymania infrastruktury oraz długoterminowych oszczędności. Należy również zbadać mechanizmy wsparcia finansowego, takie jak ulgi podatkowe czy dotacje, które mogłyby zmniejszyć bariery wejścia dla miast i interesariuszy. W uzupełnieniu, w obliczu wskazanych w przeglądzie literatury braków w zakresie regulacji i standaryzacji, dalsze badania powinny skupiać się na identyfikacji luk w obowiązującym prawodawstwie i możliwościach ich wypełnienia przez wprowadzenie nowych wytycznych, które będą łatwe do wdrożenia przez władze lokalne.

Bibliografia

- Addis, B. (2006). *Building with Reclaimed Components and Materials: A Design Handbook for Reuse and Recycling*. Routledge.
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Ajayi, S. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi, H. A., Bello, S. A., Jaiyeoba, B. E. i Kadiri, K. O. (2017). Design for Deconstruction (DfD): Critical Success Factors for Diverting End-of-Life Waste from Landfills. *Waste Management*, 60, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.017>
- Buda, S. (2006). Dynamika analogii. *Zagadnienia Filozoficzne w Nauce*, (38), 127-141.
- Caro, D., Lodato, C., Damgaard, A., Cristóbal, J., Foster, G., Flachenecker, F. i Tonini, D. (2024). Environmental and Socio-Economic Effects of Construction and Demolition Waste Recycling in the European Union. *Science of The Total Environment*, 908, 168295. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168295>
- CIRCuiT. (2023). *Circular Construction In Regenerative Cities: Insights from the CIRCuiT project*.
- CIRCuiT. (2025). *Circuit*. <https://www.circuit-project.eu/about>
- Crowther, P. (2005). *Design for Disassembly – Themes and Principles*. *Environment Design Guide*, 1-7. <http://www.jstor.org/stable/26149108>
- Derikvand, M. i Fink, G. (2023). Design for Deconstruction: Benefits, Challenges, and Outlook for Timber–Concrete Composite Floors. *Buildings*, 13(7), 1754. <https://doi.org/10.3390/buildings13071754>
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy, Dz. U. UE. L. 2008.312.3
- Eurostat. (2024). *Waste statistics*. Europa.Eu. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics
- Global Alliance for Buildings and Construction. (2024). *Global Status Report for Buildings and Construction* (No. CLI/2621/NA, 2024). United Nations Environment Programme.
- Główny Urząd Statystyczny. (2024). *Ochrona środowiska 2024*.
- International Organization for Standardization. (2020). *ISO 20887:2020*.
- Kanters, J. (2018). Design for Deconstruction in the Design Process: State of the Art. *Buildings*, 8(11), 150. <https://doi.org/10.3390/buildings8110150>
- Kręt-Grześkowiak, A. i Baborska-Narożny, M. (2023). Guidelines for Disassembly and Adaptation in Architectural Design Compared to Circular Economy GoalsA Literature Review. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.020>
- Lakhout, A. i Shaban, M. (2024). Exploring Sustainable Solutions with Machine Learning Algorithms: A Focus on Construction Waste Management. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-02925-9>
- O'Grady, T., Minunno, R., Chong, H.-Y. i Morrison, G. M. (2021). Design for Disassembly, Deconstruction and Resilience: A Circular Economy Index for the Built Environment. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105847. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105847>

- Pristerà, G., Tonini, D., Lamperti Tornaghi, M., Caro, D. i Sala, S. (2024). Taxonomy of Design for Deconstruction Options to Enable Circular Economy in Buildings. *Resources, Environment and Sustainability*, 15, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2024.100153>
- Roxas, C. L. C., Bautista, C. R., Dela Cruz, O. G., Dela Cruz, R. L. C., De Pedro, J. P. Q., Dungca, J. R., Lejano, B. A. i Ongpeng, J. M. C. (2023). Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) and Design for Deconstruction (DfD) in the Construction Industry: Challenges, Trends and Developments. *Buildings*, 13(5), 1164. <https://doi.org/10.3390/buildings13051164>
- Tingley, D. D. i Davison, B. (2011). Design for Deconstruction and Material Reuse. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Energy*, 164(4), 195-204. <https://doi.org/10.1680/ener.2011.164.4.195>
- Tomaszewska, J. (2020). Polish Transition towards Circular Economy: Materials Management and Implications for the Construction Sector. *Materials*, 13(22), 5228. <https://doi.org/10.3390/ma13225228>
- Williams, J. (2019). Circular Cities. *Urban Studies*, 56(13), 2746-2762.

Design for Deconstruction (DfD) in Urban Context: Recommendations for Cities

Abstract

Aim: The article aims to explore the feasibility of transferring the principles of designing buildings for deconstruction (DfD) to the urban scale and to develop practical recommendations for local authorities.

Methodology: The research methodology includes a literature review, desk research, comparative analysis, analogy, and synthesis.

Results: The study's findings result in recommendations supporting DfD-oriented urban planning, encompassing spatial planning, standardization of technologies and materials, data management, the promotion of DfD principles, and strategic development.

Implications and recommendations: The implications of the analysis highlight the need for a systematic integration of DfD principles into urban policy and planning practice. It is recommended to develop regulatory, educational, and digital tools that facilitate the implementation of DfD at the city scale and enhance awareness and engagement among all stakeholders.

Originality/value: The DfD principles, previously applied primarily in the architectural context of individual buildings, have been analyzed to adapt them to urban-scale applications, addressing the need to optimize and coordinate fragmented and independent design processes. This adaptation can facilitate the closure of material loops in specific urban areas, thereby advancing circular urbanism.

Keywords: designing for deconstruction (DfD), circular architecture, circular urbanism, spatial planning
