

KOMPLEKSOWA STRATEGIA ŚRODOWISKOWA DLA INWESTYCJI BUDOWLANEJ

pn.: „Budowa dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych wraz z infrastrukturą towarzyszącą na działkach nr 253/8, 253/14, 253/17, 254/9 i 254/10 w obrębie 0002 miasta Biała Rawska”



SCENARIUSZ OCENY CYKLU ŻYCIA
(LCA) BUDYNKU



ANALIZA DNSH
(DO NO SIGNIFICANT HARM)



WYKAZ ŚRODKÓW SŁUŻĄCYCH REDUKCJI
EMISJI HAŁASU, KURZU
I ZANIECZYSZCZEŃ



ANALIZA RYZYK KLIATYCZNYCH



PLAN ZARZĄDZANIA ODPADAMI
BUDOWLANYMI

WPROWADZENIE

Niniejsze opracowanie środowiskowe dotyczy inwestycji polegającej na budowie dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych (obiekty kategorii XIII) zlokalizowanych w Białej Rawskiej, przy ul. Adama Mickiewicza, na działkach o numerach ewidencyjnych 253/8, 253/14, 253/17, 254/9 i 254/10 (obręb 0002).

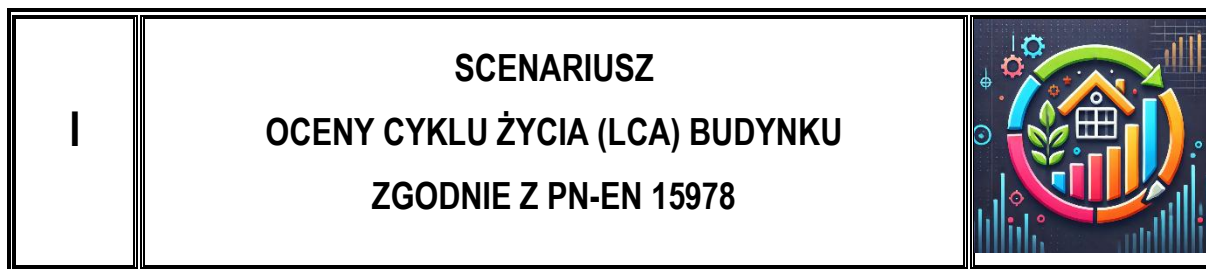
Inwestorem przedsięwzięcia jest SIM KZN Łódzkie Centrum Sp. z o.o.

Celem opracowania jest kompleksowa ocena oddziaływań środowiskowych planowanej inwestycji w ujęciu cyklu życia (Life Cycle Assessment – LCA), zgodnie z wymaganiami unijnymi, taksonomią UE oraz zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH), w rozumieniu rozporządzenia delegowanego Komisji Europejskiej 2021/2139 z dnia 4 czerwca 2021 r. Analiza została przeprowadzona zgodnie z normą EN 15978 oraz założeniami systemu Level(s), z uwzględnieniem pełnego zakresu danych środowiskowych i energetycznych dla obydwu budynków.

W ramach niniejszego dokumentu środowiskowego przedstawiono:

- Scenariusz LCA obejmujący moduły A1–A3, A4–A5, B1–B7, C1–C4 oraz D1, ze wspólną metodyką oceny dla obu budynków na podstawie ich rzeczywistych danych materiałowych, energetycznych, transportowych i instalacyjnych;
- Analizę zgodności z zasadą DNSH w obszarach: łagodzenia zmian klimatu, adaptacji do zmian klimatu, gospodarki wodnej, gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), różnorodności biologicznej oraz zanieczyszczeń środowiska;
- Środki ograniczające emisje hałasu, pyłów i zanieczyszczeń w fazie budowy, w tym założenia dotyczące logistyki, organizacji placu budowy oraz wyboru technologii niskoemisyjnych;
- Analizę ryzyk klimatycznych zgodnie z Taxonomy Compass i podejściem „climate-proofing”, obejmującą odporność inwestycji na zagrożenia klimatyczne w całym cyklu życia;
- Plan Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB) oparty na danych ilościowych z dokumentacji projektowej i przedmiarów, zgodny z hierarchią postępowania z odpadami, systemem BDO, wytycznymi KPO i Komisji Europejskiej.

Oba budynki są niemal identyczne pod względem architektoniczno-użytkowym, posiadają ten sam układ funkcjonalny, liczbę mieszkań (34), powierzchnię użytkową (2283,78 m²) oraz kubaturę (~9800 m³). Inwestycja traktowana jest jako jedno, zintegrowane zamierzenie budowlane i środowiskowe.



1. WSTĘP

1.1. Cel opracowania scenariusza środowiskowego

W dobie postępujących zmian klimatycznych i rosnących wymagań środowiskowych, analiza cyklu życia budynku staje się kluczowym narzędziem odpowiedzialnego projektowania i realizacji inwestycji. Celem opracowania scenariusza środowiskowego jest przeprowadzenie kompleksowej analizy wpływu budynku na środowisko w całym cyklu życia. Analiza ta ma na celu:

1. **Identyfikację kluczowych obszarów wpływu środowiskowego:** Wskazanie etapów budowy, eksploatacji i rozbiórki budynków, które generują największe emisje gazów cieplarnianych, zużycie zasobów czy generowanie odpadów.
2. **Ocenę zgodności z normami i regulacjami:** Weryfikacja, czy projekt spełnia wymagania zrównoważonego rozwoju wynikające z normy EN 15978, metodyki Level(s) oraz zasady DNSH („Do No Significant Harm”).
3. **Wsparcie procesu decyzyjnego:** Dostarczenie Inwestorowi, Projektantowi oraz Generalnemu Wykonawcy danych umożliwiających podejmowanie świadomych decyzji w zakresie wyboru materiałów, technologii, organizacji placu budowy oraz optymalizacji projektu pod kątem środowiskowym.
4. **Ocenę wpływu na cele klimatyczne UE:** Pomiar i raportowanie wskaźników środowiskowych w odniesieniu do neutralności klimatycznej i gospodarki o obiegu zamkniętym.
5. **Ocenę korzyści poza systemem:** Wskazanie potencjalnych korzyści wynikających z recyklingu, odzysku materiałów oraz zmniejszenia emisji i zużycia energii w perspektywie całego cyklu życia budynku.

1.2. Zakres i granice analizy

Niniejszy scenariusz środowiskowy obejmuje pełny cykl życia budynków, zgodnie z normą PN-EN 15978 oraz zasadami metodyki Level(s). Analiza została rozłożona na cztery główne grupy modułów: A, B, C oraz D, co umożliwi szczegółową i kompleksową ocenę wpływu inwestycji na środowisko na wszystkich etapach – od pozyskania surowców aż po fazę końcową i korzyści związane z odzyskiem materiałów.

Moduły cyklu życia budynku

1. **Moduł A – Produkcja i budowa:**
 - **A1:** Wydobywanie i pozyskanie surowców.
 - **A2:** Transport surowców do zakładu produkcyjnego.
 - **A3:** Produkcja materiałów budowlanych (np. betonu, stali, izolacji).
 - **A4:** Transport materiałów na plac budowy.

- **A5:** Proces budowy, w tym zużycie energii, emisje, odpady budowlane.
2. **Moduł B – Eksploatacja budynku:**
- **B1:** Emisje i oddziaływania wynikające z użytkowania budynku, np. LZO (Lotne Związki Organiczne) z materiałów wykończeniowych.
 - **B2:** Konserwacja (np. malowanie, drobne naprawy).
 - **B3:** Naprawy większych elementów (np. wymiana okien).
 - **B4:** Wymiana elementów o ograniczonej trwałości (np. pokrycie dachowe, instalacje).
 - **B5:** Modernizacje i renowacje.
 - **B6:** Zużycie energii operacyjnej (np. ogrzewanie, oświetlenie).
 - **B7:** Zużycie wody operacyjnej (np. do celów sanitarnych).
3. **Moduł C – Koniec życia budynku:**
- **C1:** Rozbiórka i demontaż budynku.
 - **C2:** Transport odpadów do miejsc przetwarzania.
 - **C3:** Przetwarzanie materiałów (np. recykling, odzysk materiałowy).
 - **C4:** Składowanie odpadów.
4. **Moduł D – Korzyści poza systemem:**
- **D1:** Odzysk materiałów wtórnych (np. stal, beton).
 - **D2:** Ponowne wykorzystanie materiałów w innych projektach.

Granice systemu

Analiza cyklu życia budynku została przeprowadzona w oparciu o zasady normy PN-EN 15978 oraz metodykę Level(s), z uwzględnieniem kluczowych aspektów środowiskowych. Chociaż pełne przedmiary robót są dostępne, w analizie nie uwzględnia się wszystkich materiałów budowlanych – byłoby to nie tylko nieefektywne, ale i niemożliwe z perspektywy analitycznej. Zastosowano zasadę reprezentatywności, obejmującą co najmniej 95% masy lub wpływu środowiskowego budynku, co pozwala na uzyskanie wiarygodnych i porównywalnych wyników.

Analiza środowiskowa obejmuje następujące grupy materiałów:

1. **Beton** – wykorzystywany w konstrukcji budynku: fundamenty, stropy, ściany nośne, posadzki oraz elementy utwardzenia terenu (np. kostka brukowa).
2. **Stal zbrojeniowa i konstrukcyjna** – w tym pręty, siatki, kotwy, kątowniki, elementy rusztów.
3. **Elementy murowe** – bloczki silikatowe, cegła, pustaki użyte w ścianach nośnych i działowych.
4. **Izolacje przeciwwodne** – papy termozgrzewalne, membrany bitumiczne.
5. **Izolacje termiczne – styropian (EPS/XPS), wełna mineralna** – podłogi, ściany fundamentowe, elewacje.
6. **Stołarka otworowa** – okna i drzwi zewnętrzne.
7. **Drewno** – elementy pomocnicze konstrukcji, więźba dachowa, ruszty montażowe.
8. **Zaprawy i kleje** – zaprawy murarskie, kleje do okładzin i systemów ETICS.
9. **Żywice epoksydowe** – stosowane w posadzkach specjalistycznych, hydroizolacjach.
10. **Kruszywa** – piasek, żwir, pospółka, tłuczeń używane w zasypkach, podsypkach i betonie.

11. **Farby** – uwzględnione ilościowo, ale nie analizowane szczegółowo (ze względu na znikomy udział środowiskowy).

Pominięcia i uproszczenia:

- **Materiały pomocnicze i drobne** (okucia, piany montażowe, panele wewnętrzne, elementy wykończeniowe) nie zostały ujęte szczegółowo – ich udział w całkowitym wpływie środowiskowym budynku nie przekracza 5%.
- **Brakujące dane materiałowe** zostały uzupełnione poprzez zastosowanie **reprezentatywnych profili środowiskowych** (np. EPD).
- **Instalacje sanitarne, elektryczne i HVAC** zostały uwzględnione wyłącznie w zakresie masy materiałów o istotnym wpływie (np. betonowe prefabrykaty, rury PVC, wełna izolacyjna w wentylacji).

1.3. Podstawy prawne i normy

Scenariusz środowiskowy został opracowany w oparciu o aktualne przepisy i wytyczne promujące zrównoważone budownictwo oraz realizację celów klimatycznych Unii Europejskiej.

1.3.1. Podstawy prawne

1. **Rozporządzenie (UE) 2020/852** – wprowadza zasady kwalifikowania inwestycji jako zrównoważonych środowiskowo, w tym kluczową zasadę DNSH („Nie czyni znaczącej szkody”).
2. **Rozporządzenie (UE) 2021/241** – wymaga, by projekty realizowane ze środków UE nie szkodziły środowisku.
3. **Dyrektywa 2024/1275 (EPBD)** – określa wymagania dotyczące efektywności energetycznej budynków i ich dekarbonizacji.
4. **Prawo budowlane i warunki techniczne** – krajowe przepisy dotyczące jakości energetycznej, izolacyjności i standardów budynków.

1.3.2. Normy i wytyczne

1. **EN 15978** – podstawa analizy cyklu życia budynku, definiuje moduły (A, B, C, D) i wskaźniki środowiskowe (np. GWP, zużycie zasobów).
2. **EN 15804** – określa standardy tworzenia deklaracji środowiskowych EPD dla materiałów budowlanych.
3. **ISO 14040 i ISO 14044** – normy ogólne dla oceny cyklu życia (LCA), stosowane także poza budownictwem.
4. **Metodyka Level(s)** – europejski system oceny środowiskowej budynków, promujący przejrzystość i porównywalność wyników.

1.3.3. Cele klimatyczne UE

1. **Europejski Zielony Ład** – zakłada neutralność klimatyczną do 2050 roku oraz redukcję emisji CO₂ o 55% do 2030 roku.

2. **Zasada DNSH** – nakazuje, aby żadna inwestycja nie wpływała negatywnie na sześć celów środowiskowych:

- łagodzenie zmian klimatu
- adaptacja do zmian klimatu
- ochrona wód,
- gospodarka o obiegu zamkniętym,
- zapobieganie zanieczyszczeniom,
- ochrona bioróżnorodności.

1.3.4. Narzędzia pomocnicze

- **EPD (Environmental Product Declarations)** – deklaracje środowiskowe materiałów budowlanych.
- **Bazy danych** – m.in. EcolInvent, One Click LCA – wykorzystywane do szacowania wskaźników środowiskowych i wpływu materiałów.

1.4. Charakterystyka budynków

Inwestycja obejmuje budowę dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych z infrastrukturą techniczną i zagospodarowaniem terenu, zlokalizowanych w Białej Rawskiej, przy ul. Adama Mickiewicza. Budynki realizowane są na działkach nr 253/8, 253/14, 253/17, 254/9 i 254/10, zgodnie z zapisami Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego (teren przeznaczony pod zabudowę mieszkaniową wielorodzinną). Obiekty wyposażone są w instalacje odnawialnych źródeł energii (instalacje fotowoltaiczne) i stanowią przykład zwartej, energooszczędnej zabudowy miejskiej. Ogrzewanie oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej zapewnia powietrzna pompa ciepła wspomagana energią elektryczną z sieci. Budynki zostały zaprojektowane z wysoką efektywnością energetyczną, spełniając wymagania zarówno krajowe (WT2021), jak i unijne (KPO, zasada DNSH).

1.4.1. Podstawowe parametry budynków

Budynek nr 1

- Liczba lokali mieszkalnych: 34
- Liczba kondygnacji: 5 (w tym 1 podziemna)
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): 1607,87 m²
- Łączna powierzchnia użytkowa budynku: 2283,78 m²
- Powierzchnia całkowita: 2906,76 m²
- Kubatura budynku: 9688,89 m³
- Wysokość budynku: 16,37 m
- Konstrukcja: ściany z bloczków silikatowych, stropy i trzpienie żelbetowe
- Dach: płaski, stropodach niewentylowany, pokrycie papowe
- Piwnica: tak, z komórkami lokatorskimi i pomieszczeniami technicznymi

Budynek nr 2

- Liczba lokali mieszkalnych: 34

- Liczba kondygnacji: 5 (w tym 1 podziemna)
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): 1608,09 m²
- Łączna powierzchnia użytkowa budynku: 2283,63 m²
- Powierzchnia całkowita: 2906,76 m²
- Kubatura budynku: 9848,60 m³
- Wysokość budynku: 16,37 m
- Konstrukcja: ściany z bloczków silikatowych, stropy i trzpienie żelbetowe
- Dach: płaski, stropodach niewentylowany, pokrycie papowe
- Piwnica: tak, z komórkami lokatorskimi i pomieszczeniami technicznymi

Łącznie dla inwestycji

- Łączna liczba lokali mieszkalnych: 68
- Łączna liczba kondygnacji: 5 w każdym budynku
- Łączna powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): 3215,96 m²
- Łączna powierzchnia użytkowa budynków: 4567,41 m²
- Łączna powierzchnia całkowita: 5813,52 m²
- Łączna kubatura: 19 537,49 m³
- Wysokość budynków: 16,37 m

1.4.2. Funkcja budynków

Budynki zaprojektowano jako obiekty o funkcji mieszkalnej wielorodzinnej – przewidziano łącznie 68 lokali mieszkalnych o zróżnicowanym układzie funkcjonalnym (1-, 2- i 3-pokojowe), dostosowanych do potrzeb rodzin, osób starszych oraz singli. Lokale mieszkalne zostały zaprojektowane z uwzględnieniem zapewnienia odpowiedniego nasłonecznienia, komfortu użytkowania oraz dostępności dla osób z niepełnosprawnościami. Na kondygnacji podziemnej w obu budynkach przewidziano pomieszczenia techniczne, węzły ciepłownicze, rowerownie/wózkarnie oraz komórki lokatorskie przynależne do mieszkań.

Każdy z budynków posiada cztery kondygnacje nadziemne oraz jedną kondygnację podziemną. Układ funkcjonalny poszczególnych pięter został zaprojektowany w sposób powtarzalny, z łatwą orientacją w przestrzeni wspólnej.

W ramach zagospodarowania terenu inwestycji przewidziano:

- naziemne miejsca postojowe dla mieszkańców, w tym miejsca przystosowane dla osób z niepełnosprawnościami,
- wiaty śmietnikowe,
- plac zabaw dla dzieci,
- urządzonej zieleń osiedlową wraz z nasadzeniami i elementami małej architektury.

1.4.3. Konstrukcja i materiały

Budynki zostały zaprojektowane w technologii tradycyjnej, zgodnie z obowiązującymi warunkami technicznymi WT 2021.

- **Konstrukcja:** układ mieszany – ściany nośne murowane z bloczków silikatowych, trzpienie i wieńce żelbetowe, stropy żelbetowe monolityczne.
- **Fundamenty:** ławy i stopy fundamentowe żelbetowe, posadowienie bezpośrednie na gruncie rodzimym.
- **Dach:** stropodach niewentylowany, ocieplony, pokryty papą termozgrzewalną.
- **Izolacyjność przegród:** zgodna z wymaganiami WT 2021; ściany, dachy i stolarka otworowa zaprojektowane z uwzględnieniem wysokiej izolacyjności cieplnej i akustycznej.
- **Wykończenie zewnętrzne:** elewacja w systemie ETICS (docieplenie styropianowe) z wyprawą tynkarską cienkowsarstwową w stonowanej kolorystyce.

1.4.4. Układ komunikacyjny

Każdy budynek wyposażono w jedną klatkę schodową wraz z windą osobową przystosowaną do potrzeb osób z niepełnosprawnością. Komunikacja pozioma została zaprojektowana jako czytelna i dostępna – wszystkie wejścia do budynków oraz przejścia w strefach wspólnych są bezprogowe, zgodnie z zasadami dostępności architektonicznej i wymaganiami rozporządzenia w sprawie warunków technicznych.

- **Wejścia:** każde z budynków posiada jedno główne wejście, zadaszone daszkiem żelbetowym osłaniającym przestrzeń wejściową.
- **Winda:** w każdym budynku przewidziano jedną windę osobową, obsługującą wszystkie kondygnacje nadziemne.
- **Strefy wspólne:** na poziomie parteru i piwnicy zaprojektowano pomieszczenia techniczne (węzły cieplne, rozdzielnie elektryczne, pomieszczenia gospodarcze), rowerownie/wózkarnie oraz komórki lokatorskie przypisane do lokali mieszkalnych.

2. ZAŁOŻENIA ANALIZY

2.1. Dane wejściowe

Dane wejściowe do analizy scenariusza środowiskowego zostały oparte na dokumentacji projektowej oraz dostępnych standardach i bazach danych środowiskowych. Stanowią one podstawę do przeprowadzenia obliczeń wskaźników środowiskowych dla budynku w całym cyklu życia.

2.1.1. Źródła danych

1. Dokumentacja projektowa budynku:

- **Opis architektoniczno-budowlany:** Informacje o konstrukcji, materiałach, instalacjach oraz charakterystyce użytkowej budynku.
- **Rzuty kondygnacji i przekroje:** Dokładne wymiary, układ funkcjonalny oraz ilości materiałów wbudowanych.
- **Projektowana charakterystyka energetyczna:** Dane dotyczące zapotrzebowania na energię oraz rozwiązania zwiększające efektywność energetyczną.
- **Plan zagospodarowania terenu (PZT):** Informacje o infrastrukturze technicznej i otoczeniu budynku.

2. Bazy danych środowiskowych:

- **EPD (Environmental Product Declarations):** Dane środowiskowe dla materiałów budowlanych, takich jak beton, stal, izolacje, etc.
- **Baza EcolInvent:** Współczynniki emisji i zużycia energii pierwotnej dla procesów budowlanych i transportowych.
- **Baza One Click LCA:** Dodatkowe dane do analizy cyklu życia (LCA) dla komponentów budynku.
- **<https://www.itb.pl/itb-epds/>:** baza deklaracji środowiskowych produktu ITB-EPD

3. Normy i wytyczne:

- **EN 15978:** Ocena środowiskowa budynków w całym cyklu życia.
- **EN 15804:** Deklaracje środowiskowe dla wyrobów budowlanych.
- **Level(s):** Wskaźniki środowiskowe dla budynków.

2.1.2. Rodzaje danych

Poniżej przedstawiono główne grupy danych źródłowych oraz sposób ich wykorzystania w analizie środowiskowej cyklu życia inwestycji:

1. Materiały budowlane:

- **Ilości materiałów wbudowanych:**

Dane oparte na szczegółowych przedmiarach robót opracowanych dla budynków nr 1 i 2 w Białej Rawskiej. Uwzględniono m.in. zużycie betonu (klasy C8/10, C12/15 i C30/37), stali zbrojeniowej (Ø6–Ø16 mm), bloczków silikatowych (gr. 24, 18, 12 cm), płyt izolacyjnych EPS i XPS (różnej gęstości), wełny mineralnej, stolarki otworowej (PCV i stalowej), pokrycia papowego, a także materiałów wykończeniowych (gipsy, farby, zaprawy, żywice, gresy).

Dane ujęto w zestawieniu materiałowym obejmującym ponad 8850 ton materiałów budowlanych.

- **Właściwości materiałów:**

Przyjęto dane zgodne z kartami technicznymi producentów, deklaracjami środowiskowymi typu III (EPD – Environmental Product Declaration), a w przypadku ich braku – dane referencyjne z uznanych baz danych (One Click LCA, EcolInvent v3.9, baza ITB).

- **Reprezentatywność:**

Analizie poddano materiały stanowiące co najmniej 95% całkowitej masy obiektów oraz odpowiadające za dominujący wpływ środowiskowy w zakresie GWP (global warming potential). Pominęto elementy o marginalnym wpływie (np. okucia, uszczelki, pianki montażowe, folie paroizolacyjne, wkręty).

2. Energia operacyjna:

- **Dane o zużyciu energii:**

Oparte na projektowanej charakterystyce energetycznej opracowanej dla każdego z budynków. Uwzględniono zapotrzebowanie na energię użytkową (EU), końcową (EK) oraz pierwotną (EP), zgodnie z obowiązującymi wymaganiami WT 2021.

- **Wskaźniki energetyczne:**

Źródłem energii do ogrzewania i przygotowania c.w.u. są wysokosprawne powietrzne pompy ciepła, wspomagane energią elektryczną z sieci oraz instalacją fotowoltaiczną o łącznej mocy 119,14 kWp. Budynek zaprojektowano jako energooszczędny, bez bezpośrednich emisji CO₂ z paliw kopalnych.

3. Transport:

- **Dystans transportu:**

Przyjęto średni dystans transportu materiałów budowlanych w relacjach krajowych – **150 km** w jedną stronę (moduł A4), z uwzględnieniem lokalizacji dostawców i dostępu do drogi krajowej nr 70.

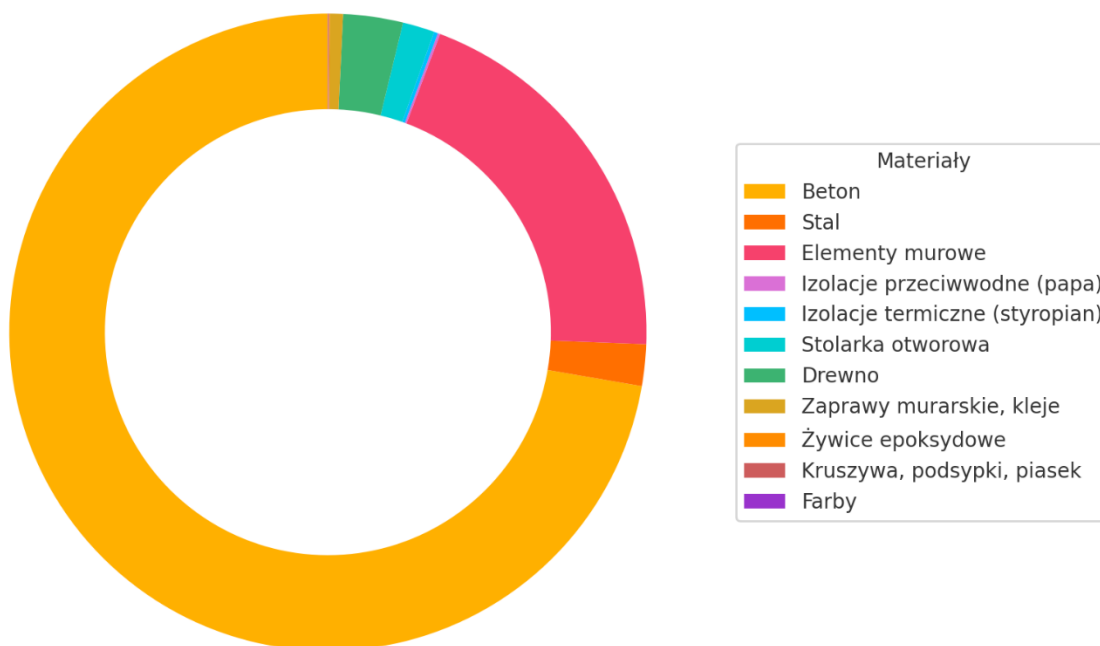
- **Rodzaje transportu:**

Transport drogowy z wykorzystaniem samochodów ciężarowych różnych klas (≤ 16 t i >16 t). Emisje CO₂e obliczono zgodnie z metodyką One Click LCA, z przypisaniem współczynników emisji do typu pojazdu, rodzaju paliwa oraz ładowności.

2.2. Zakres materiałów wbudowanych

Kluczowe materiały wbudowane i ich ilości:

| Lp. | Materiał | Masa (t) | Udział (%) |
|-------|---|----------|------------|
| 1 | Beton (konstrukcja, fundamenty, posadzki, kostka brukowa) | 6 379,08 | 72,01% |
| 2 | Stal (zbrojenie, kotwy, pręty, kątowniki, ruszty itd.) | 185,72 | 2,10% |
| 3 | Elementy murowe (bloczek, cegła, pustak) | 1 753,10 | 19,79% |
| 4 | Izolacje przeciwwilgociowe | 3,67 | 0,04% |
| 5 | Izolacje przeciwwodne (papa) | 10,33 | 0,12% |
| 6 | Izolacje termiczne (wełna) | 31,08 | 0,35% |
| 7 | Izolacje termiczne (styropian) | 17,69 | 0,20% |
| 8 | Stolarka otworowa | 143,00 | 1,61% |
| 9 | Drewno (belki, konstrukcje pomocnicze) | 267,28 | 3,02% |
| 10 | Zaprawy murarskie, kleje | 58,79 | 0,66% |
| 11 | Żywice epoksydowe | 5,10 | 0,06% |
| 12 | Kruszywa, podsypki, piasek | 1,02 | 0,01% |
| 13 | Farby | 2,42 | 0,03% |
| RAZEM | | 8 858,28 | 100,00% |



Wykres przedstawia udział masowy poszczególnych elementów budynków.

Z przeprowadzonego zestawienia wynika, że **beton jednoznacznie dominuje w strukturze masy inwestycji**, odpowiadając za **ponad 72% całkowitej masy wszystkich wbudowanych materiałów**. Na drugim miejscu znajdują się **elementy murowe (bloczek, cegła, pustak)**, których udział wynosi **blisko 20%**, a dalej **drewno konstrukcyjne i pomocnicze** – z udziałem **3,02%**, głównie jako elementy szalunkowe i montażowe.

Łącznie te trzy grupy materiałów – beton, bloczki i drewno – odpowiadają za ponad 94% całkowitej masy inwestycji. Ich dobór materiałowy ma zatem kluczowe znaczenie nie tylko dla struktury nośnej i trwałości budynków, ale również dla oceny środowiskowej całej inwestycji w ujęciu cyklu życia (LCA).

Stal, mimo swojej kluczowej roli w zbrojeniu konstrukcji żelbetonowych, stanowi tylko **2,10% masy materiałowej**. Wszystkie pozostałe komponenty – takie jak izolacje przeciwwodne i termiczne, stolarka otworowa, zaprawy, żywice epoksydowe, farby i kruszywa – mają **łącznie udział marginalny, nieprzekraczający 6% całkowitej masy**.

Tak silna dominacja materiałów cementowych oznacza, że to właśnie **beton będzie głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych związanych z fazą budowy**. Produkcja cementu, stanowiącego podstawowy składnik betonu, jest jednym z najbardziej emisyjnych procesów przemysłowych na świecie i odpowiada za 4–8% globalnych emisji CO₂. Z tego względu to **masa i skład betonu** w największym stopniu determinują **ślad węglowy konstrukcji** oraz potencjał jej dekarbonizacji.

2.3. Jednostka funkcjonalna

W niniejszej analizie cyklu życia (LCA) jako jednostkę funkcjonalną zastosowano **powierzchnię użytkową budynku (m²)**.

Jest to świadomy wybór podyktowany specyfiką inwestycji, która obejmuje nie tylko lokale mieszkalne, ale również znaczną część przestrzeni przeznaczoną na funkcje uzupełniające: **pomieszczenia techniczne, komórki lokatorskie oraz ciągi komunikacyjne.**

Zastosowanie typowej jednostki jaką jest **powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM)** nie oddałoby rzeczywistego wpływu całego obiektu na środowisko, ponieważ:

- **analizie podlegają wszystkie elementy budowlane**, niezależnie od ich funkcji (np. ściany działowe w częściach technicznych),
- **koszty środowiskowe materiałów i procesów budowlanych nie ograniczają się wyłącznie do części mieszkalnej**,
- **eksploatacja dotyczy całego budynku jako systemu** – np. ogrzewanie, wentylacja czy utrzymanie infrastruktury wspólnej.

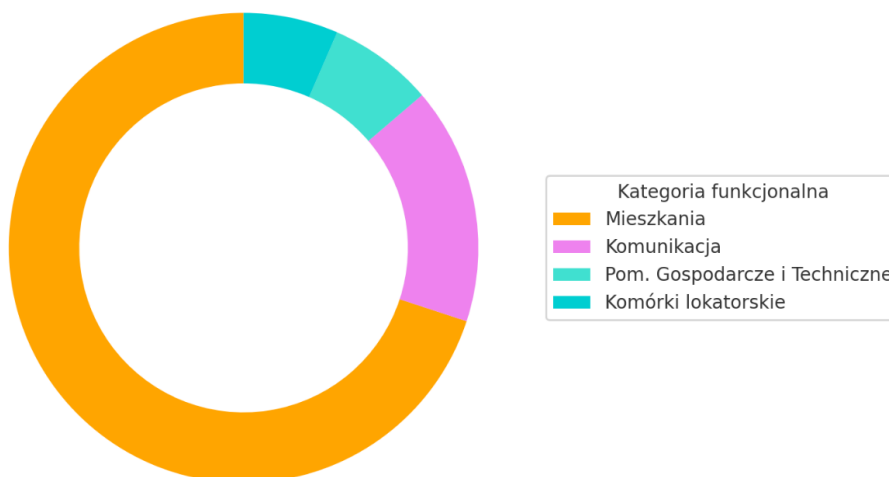
Powierzchnia użytkowa budynku lepiej oddaje rzeczywisty zakres oddziaływania inwestycji i pozwala na:

- **uczciwe porównanie** między budynkami o różnym przeznaczeniu i strukturze funkcjonalnej,
- **rzetelne uwzględnienie masy materiałów**, które są niezależne od przeznaczenia konkretnego pomieszczenia.

W konsekwencji przyjęto **jednostkę funkcjonalną w postaci 1 m² powierzchni użytkowej budynku**, co odpowiada zaleceniom metodyki Level(s) oraz umożliwia reprezentatywne odniesienie danych do całej bryły budynku, a nie tylko jego fragmentu.

| Kategoria funkcjonalna | Powierzchnia [m ²] | Udział [%] |
|-------------------------------|--------------------------------|------------|
| Mieszkania | 3215,96 | 70,41 |
| Komunikacja | 755,91 | 16,55 |
| Pom. Gospodarcze i Techniczne | 203,84 | 4,46 |
| Komórki lokatorskie | 391,70 | 8,58 |
| RAZEM | 4 561,41 | 100,00 |

Struktura funkcjonalna powierzchni budynków B1-B2



2.4. Granice systemu (moduły A, B, C, D zgodnie z normą EN 15978)

W analizie cyklu życia budynków, granice systemu definiują, które etapy cyklu życia budynku są uwzględniane, a które pomijane. Zgodnie z normą **EN 15978** (Zrównoważona ocena efektywności środowiskowej budynków – Ocena cyklu życia budynku), cykl życia budynku dzieli się na cztery główne moduły: **A, B, C, i D**.

Zakres analizy i granice systemu:

W niniejszym opracowaniu uwzględniono pełny zakres **modułów A, B, C**, natomiast **moduł D** zostanie rozważony tylko w kontekście korzyści, jakie mogą wynikać z recyklingu materiałów po zakończeniu użytkowania budynku.

- **Moduł A** obejmuje wszystkie etapy związane z **produkcją, transportem i budową**, w tym produkcję materiałów budowlanych, transport tych materiałów na plac budowy, oraz sam proces budowy (w tym montaż elementów konstrukcyjnych, fundamentów, stropów, ścian, instalacji itp.).
- **Moduł B** koncentruje się na **eksploatacji budynku**, obejmując zużycie energii i wody w czasie użytkowania, konserwację i naprawy budynku, a także generowanie odpadów wynikających z działalności użytkowników budynku, takich jak odpady domowe czy zużycie materiałów w trakcie eksploatacji.
- **Moduł C** odnosi się do **końca życia budynku**, w tym procesów rozbiórki, transportu odpadów budowlanych, oraz ich przetwarzania (recyklingu, odzysku energii, składowania odpadów).
- **Moduł D** będzie uwzględniał **korzyści związane z recyklingiem materiałów i odzyskiem energii** po zakończeniu życia budynku. Moduł ten obejmuje wszystkie działania związane z ponownym wykorzystaniem materiałów budowlanych, ich recyklingiem, oraz odzyskiem energii z materiałów, które mają wartość energetyczną po zakończeniu eksploatacji budynku.

W ten sposób granice systemu w analizie obejmują zarówno **produkcję, eksploatację, jak i koniec życia budynku**, natomiast **moduł D** został uwzględniony w sposób ogólny, jako korzyści środowiskowe wynikające z recyklingu i ponownego użycia materiałów.

3. OBLICZENIA WSKAŹNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH

3.1. Wskaźniki środowiskowe objęte analizą

W ramach analizy cyklu życia budynku, zidentyfikowano szereg **wskaźników środowiskowych**, które pozwalają na ocenę wpływu budynku na środowisko w różnych fazach (od produkcji materiałów, przez eksploatację, aż po koniec życia budynku). Wskaźniki te są kluczowe w ocenie zrównoważonego rozwoju budynku, pozwalając na identyfikację obszarów, w których możliwe są oszczędności zasobów oraz redukcja emisji.

Wskaźniki środowiskowe objęte analizą:

1. **GWP (Global Warming Potential) – Potencjał Ocieplenia Klimatu**
 - **Opis:** GWP mierzy wpływ działalności budowlanej na efekt cieplarniany, wyrażony w jednostkach CO₂ ekwiwalentnych. Wskaźnik ten umożliwia ocenę emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją materiałów, transportem, użytkowaniem oraz rozbiórką budynku.
 - **Jednostka:** kg CO₂e (kilogramy dwutlenku węgla ekwiwalentnego).

- **Zakres:** Obliczenia obejmują emisję CO₂ oraz innych gazów cieplarnianych (np. metan, podtlenek azotu), przeliczaną na równoważnik CO₂.
2. **AP (Acidification Potential) – Potencjał Zakwaszenia**
- **Opis:** AP mierzy zdolność materiałów i działań związanych z cyklem życia budynku do powodowania zakwaszenia gleby i wód, co prowadzi do degradacji ekosystemów. Potencjał zakwaszenia jest szczególnie istotny w kontekście emisji tlenków siarki (SO₂), tlenków azotu (NO_x) i amoniaku (NH₃).
 - **Jednostka:** kg SO₂e (kilogramy ekwiwalentne tlenu siarki).
 - **Zakres:** Obliczenia obejmują emisje gazów zakwaszających powstające w procesie produkcji materiałów budowlanych, transportu oraz użytkowania budynku.
3. **EP (Eutrophication Potential) – Potencjał Eutrofizacji**
- **Opis:** EP mierzy potencjał działalności budowlanej do powodowania eutrofizacji – wzrostu poziomu substancji odżywczych (np. azot, fosfor), które mogą prowadzić do nadmiernego rozwoju roślinności w wodach, zaburzając równowagę ekosystemu.
 - **Jednostka:** kg PO₄e (kilogramy ekwiwalentne fosforanu).
 - **Zakres:** Obliczenia uwzględniają emisję substancji odżywczych powstałych w wyniku produkcji materiałów, transportu i użytkowania budynku.
4. **Zużycie energii pierwotnej**
- **Opis:** Mierzy ilość energii zużytej do produkcji materiałów budowlanych, transportu, montażu, eksploatacji oraz rozbiórki budynku. Zużycie energii pierwotnej obejmuje zarówno energię elektryczną, jak i paliwa kopalne (węgiel, gaz, ropa).
 - **Jednostka:** MJ (megadżule).
 - **Zakres:** Obliczenia uwzględniają całkowite zużycie energii w cyklu życia budynku, w tym również energię używaną podczas budowy, eksploatacji (np. ogrzewanie, chłodzenie, oświetlenie) oraz rozbiórki.
5. **Zużycie zasobów naturalnych**
- **Opis:** Wskaźnik ten mierzy ilość zasobów naturalnych (surowców mineralnych, metali, wody) wykorzystywanych w procesie produkcji materiałów, transportu i budowy, a także w eksploatacji budynku. Uwzględnia zarówno zasoby wykorzystywane bezpośrednio w budownictwie, jak i te związane z produkcją energii.
 - **Jednostka:** kg, m³ (kilogramy, metry sześcienne).
 - **Zakres:** Obliczenia obejmują zużycie surowców w cyklu życia budynku, od produkcji materiałów, przez budowę, eksploatację, aż po rozbiórkę i recykling.
6. **Zużycie wody**
- **Opis:** Mierzy ilość wody zużywanej w różnych etapach życia budynku – począwszy od produkcji materiałów, przez budowę, aż po użytkowanie budynku. Woda wykorzystywana jest do produkcji

betonu, farb, klejów, a także w procesach chłodzenia i ogrzewania w trakcie eksploatacji budynku.

- **Jednostka:** m³ (metry sześcienne).
- **Zakres:** Obliczenia obejmują zużycie wody zarówno w cyklu produkcyjnym (produkcja materiałów), jak i użytkowym (zużycie wody przez mieszkańców i systemy technologiczne budynku).

7. Generowanie odpadów

- **Opis:** Wskaźnik ten mierzy ilość odpadów generowanych w cyklu życia budynku, zarówno podczas produkcji materiałów, jak i podczas użytkowania budynku oraz rozbiórki. W analizie uwzględnia się odpady budowlane, odpady związane z użytkowaniem budynku (np. odpady komunalne) oraz odpady z rozbiórki.
- **Jednostka:** kg, t (kilogramy, tony).
- **Zakres:** Obliczenia obejmują odpady, które powstają na każdym etapie cyklu życia budynku, w tym odpady budowlane, odpady domowe i przemysłowe, a także odpady z rozbiórki.

Te wskaźniki stanowią podstawę do obliczeń w analizie środowiskowej i pozwalają na ocenę wpływu budynku na środowisko w różnych aspektach. Są one niezbędne do opracowania pełnej oceny cyklu życia budynku i identyfikacji obszarów, w których możliwe są oszczędności zasobów i redukcja emisji.

3.2. Wzory stosowane w analizie

1. GWP (Potencjał Ocieplenia Klimatu):

$$GWP = \sum(M_i \times GWP_i)$$

- M_i – masa materiału lub energia związana z danym etapem cyklu życia (np. kg CO₂, kWh energii).
- GWP_i – współczynnik globalnego ocieplenia dla danego materiału (np. kg CO₂e na kg materiału).

2. AP (Potencjał Zakwaszenia):

$$AP = \sum(M_i \times AP_i)$$

- M_i – masa materiału lub emisji gazów (np. tlenek siarki, tlenki azotu).
- AP_i – współczynnik zakwaszenia dla danego materiału lub gazu (np. kg SO₂e na kg materiału).

3. EP (Potencjał Eutrofizacji):

$$EP = \sum(M_i \times EP_i)$$

- M_i – masa materiału lub substancji odżywczej (np. azot, fosfor).
- EP_i – współczynnik eutrofizacji dla danego materiału lub substancji.

4. Zużycie energii pierwotnej:

$$\text{Zużycie energii} = \sum(E_i \times EF_i)$$

- E_i – ilość zużytej energii (np. kWh).
- EF_i – współczynnik emisji CO₂ dla danego rodzaju energii (np. węgiel, gaz, energia odnawialna).

5. Zużycie zasobów naturalnych:

$$\text{Zużycie zasobów} = \sum(M_i \times R_i)$$

- M_i – masa zużytych zasobów (np. metale, surowce mineralne).
- R_i – współczynnik zużycia zasobu dla danego materiału (np. kg zasobu na kg materiału).

6. Zużycie wody:

$$\text{Zużycie wody} = \sum(M_i \times W_i)$$

- M_i – ilość zużytej wody (np. woda używana w procesach produkcji materiałów, do celów sanitarnych w budynku).
- W_i – współczynnik zużycia wody dla danego etapu (np. l wody na kg materiału, m³ wody na jednostkę powierzchni).

7. Generowanie odpadów:

$$\text{Generowanie odpadów} = \sum(M_i \times W_i)$$

- M_i – ilość wygenerowanych odpadów (np. odpady budowlane, odpady użytkowe).
- W_i – współczynnik generowania odpadów (kg odpadów na kg materiału, kg odpadów na m² powierzchni).

Metody przeliczania danych na jednostkę funkcjonalną:

Aby obliczyć wskaźniki na jednostkę funkcjonalną (np. na 1 m² powierzchni użytkowej budynku), wyniki dla całego budynku należy podzielić przez jego powierzchnię użytkową:

$$\text{Wskaźnik na jednostkę} = (\text{Wskaźnik całkowity}) / (\text{Powierzchnia użytkowa budynku})$$

4. OBLICZENIA

4.1. Obliczenia wskaźników dla transportu materiałów (Moduły A4, C2, D1)

Transport materiałów budowlanych oraz odpadów i surowców wtórnych stanowi istotny element całkowitego wpływu środowiskowego budynku. Zgodnie z metodyką oceny cyklu życia (LCA), w analizie uwzględniono trzy kluczowe strumienie logistyczne:

- transport materiałów na plac budowy (**moduł A4**),
- transport odpadów budowlanych do punktów przetwarzania (**moduł C2**),
- transport materiałów do ponownego użycia lub recyklingu (**moduł D1**).

Założenia do obliczeń:

- **Masa materiałów dostarczonych na budowę (A4):** 8 858,28 t
- **Masa odpadów budowlanych (C2):** 4 429,14 t (50% masy budynku)
- **Masa materiałów do recyklingu (D1):** 1 771,66 t (20% masy budynku)
- **Dystans transportu materiałów budowlanych (A4):** 150 km
- **Dystans transportu odpadów (C2):** 100 km
- **Dystans transportu do recyklingu (D1):** 200 km
- **Zużycie paliwa ciężarówek:** 35 l/100 km
- **Gęstość oleju napędowego:** 0,84 kg/l
- **Współczynnik emisji CO₂ dla oleju napędowego:** 3,17 kg CO₂/kg paliwa

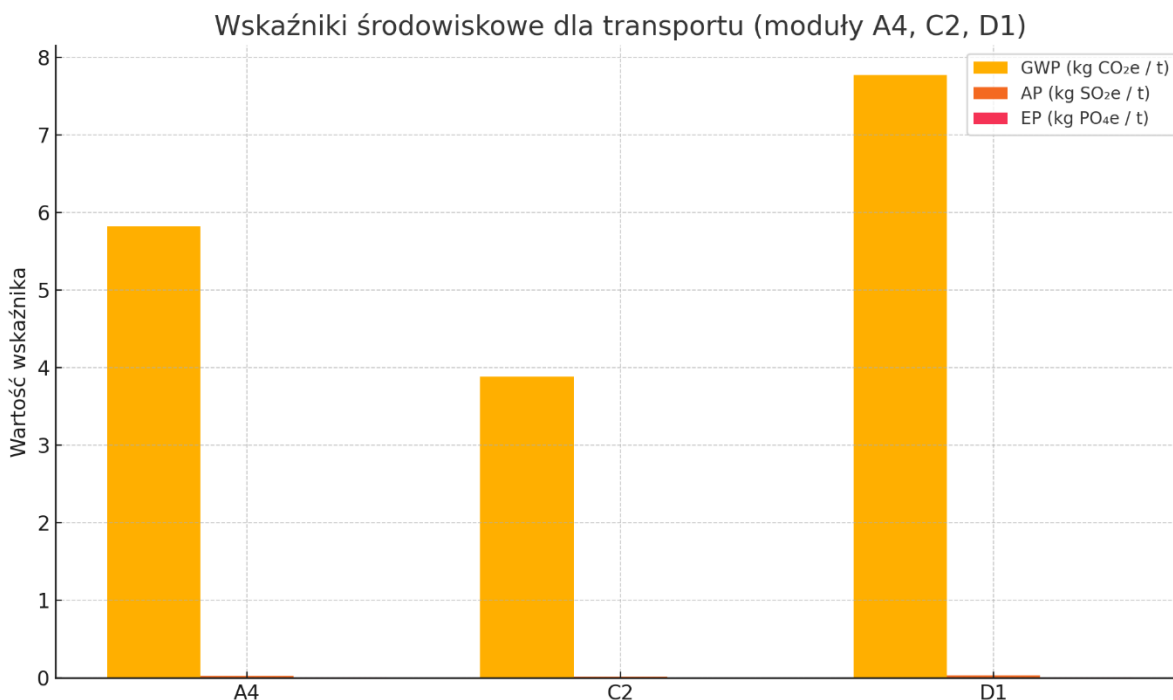
Wyniki obliczeń:

| Moduł | Całkowity przejechany dystans [km] | Zużycie paliwa [l] | Emisja CO ₂ [kg] | Emisja CO ₂ [kg CO ₂ e/t] |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------------------|---|
| A4 – Transport na budowę | 55 364,25 | 19 377,488 | 51 598,3737 | 5,8249 |
| C2 – Transport odpadów | 18 454,75 | 6 459,163 | 17 199,4579 | 3,8833 |
| D1 – Transport do recyklingu | 14 763,80 | 5 167,330 | 13 759,5663 | 7,7665 |

Dodatkowo obliczono także przybliżone wskaźniki środowiskowe związane z transportem, wykorzystując uśrednione dane z bazy Ecoinvent oraz One Click LCA. W przeliczeniu na jednostkę masy (1 t) uzyskano następujące wartości referencyjne:

| Wskaźnik środowiskowy | A4 | C2 | D1 |
|-----------------------------------|-------|--------|-------|
| GWP (kg CO ₂ e / t) | 5,82 | 3,88 | 7,77 |
| AP (kg SO ₂ e / t) | 0,025 | 0,017 | 0,035 |
| EP (kg PO ₄ e / t) | 0,008 | 0,006 | 0,012 |
| Zużycie energii (kWh / t) | 27,0 | 18,0 | 35,0 |
| Zużycie zasobów (MJ / t) | 460,0 | 310,0 | 590,0 |
| Zużycie wody (m ³ / t) | 0,002 | 0,0015 | 0,003 |
| Odpady (kg / t) | 0,02 | 0,015 | 0,03 |

Wpływ środowiskowy transportu stanowi relatywnie niewielki udział w całkowitym LCA budynku, jednak w przypadku znacznych mas materiałów (jak w analizowanym budynku) oraz długich dystansów, emisje CO₂ i zużycie energii z tego etapu mogą osiągnąć poziom kilku procent całkowitego GWP. Warto zaznaczyć, że transport surowców wtórnych do recyklingu (moduł D1) może generować większe jednostkowe emisje ze względu na dłuższy dystans i mniejszą efektywność logistyczną.



Wykres przedstawia trzy kluczowe wskaźniki środowiskowe związane z transportem materiałów budowlanych na plac budowy (moduł A4), transportem odpadów budowlanych do miejsca utylizacji (moduł C2) oraz transportem materiałów przeznaczonych do recyklingu (moduł D1).

4.2. Obliczenie wskaźników redukcji zużycia energii i emisji (Moduły B6–B7)

Faza eksploatacyjna budynku, zgodnie z normą EN 15978 i systemem Level(s), obejmuje wpływ środowiskowy systemów operacyjnych budynku (moduł B6) oraz zużycie wody użytkowej (moduł B7). W analizowanym przypadku uwzględniono zastosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE) w postaci instalacji fotowoltaicznej (PV) oraz wysokosprawnych pomp ciepła, co istotnie zmniejsza zapotrzebowanie na energię pierwotną oraz emisję gazów cieplarnianych.

Założenia do obliczeń:

| Parametr | Wartość |
|--|------------------------------|
| Całkowite zapotrzebowanie na energię budynku | 210 220,76 kWh/rok |
| Moc instalacji fotowoltaicznej (PV) | 56,60 kWp |
| Uzysk energii z PV (950 kWh/kWp/rok) | 53 770,00 kWh/rok |
| Zapotrzebowanie końcowe po PV | 156 450,76 kWh/rok |
| Energia zużywana przez pompy ciepła | 44 700,22 kWh/rok |
| Ilość wytworzonego ciepła (COP = 3,5) | 156 450,76 kWh/rok |
| Oszczędność energii dzięki COP | 111 750,54 kWh/rok |
| Emisyjność energii elektrycznej | 0,81 kg CO ₂ /kWh |

| Parametr | Wartość |
|-------------------------------|-------------------------|
| Powierzchnia użytkowa budynku | 4 597,52 m ² |
| Masa budynku | 8 858,28 t |

Obliczenia wskaźników:

Moduł B6 – Zużycie energii końcowej (po PV i COP)

Po zastosowaniu instalacji fotowoltaicznej (PV) o mocy 56,60 kWp oraz pomp ciepła o współczynniku COP = 3,5, całkowite zapotrzebowanie budynków na energię końcową spada do:

- Zapotrzebowanie końcowe: 43 891,65 kWh/rok
- Masa budynków: 8 858,28 t

Przeliczenia wskaźnikowe:

- Zużycie energii na 1 tonę budynku: 4,96 kWh/t
- Emisja CO₂ z energii końcowej (przy 0,81 kg CO₂/kWh): 4,02 kg CO₂e/t

Moduł B7 – Zużycie wody użytkowej

Założone zużycie wody użytkowej zgodnie z GUS i systemem Level(s) wynosi 0,9 m³/m²/rok. Przy powierzchni użytkowej budynków równej 4597,52 m², całkowite i jednostkowe zużycie wynosi:

Przeliczenia:

- Całkowite zużycie wody użytkowej: 4137,77 m³/rok
- Zużycie wody na tonę budynku: 0,47 m³/t

Dodatkowo – Oszczędność dzięki zastosowaniu OZE:

| Wskaźnik | Wartość | Jednostka | Uwagi |
|--|---------|------------------------|--|
| Oszczędność energii dzięki COP | 12,39 | kWh/t | w porównaniu do standardowego źródła (COP = 1) |
| Redukcja emisji CO ₂ (COP + PV) | 9,64 | kg CO ₂ e/t | uniknięte emisje operacyjne |

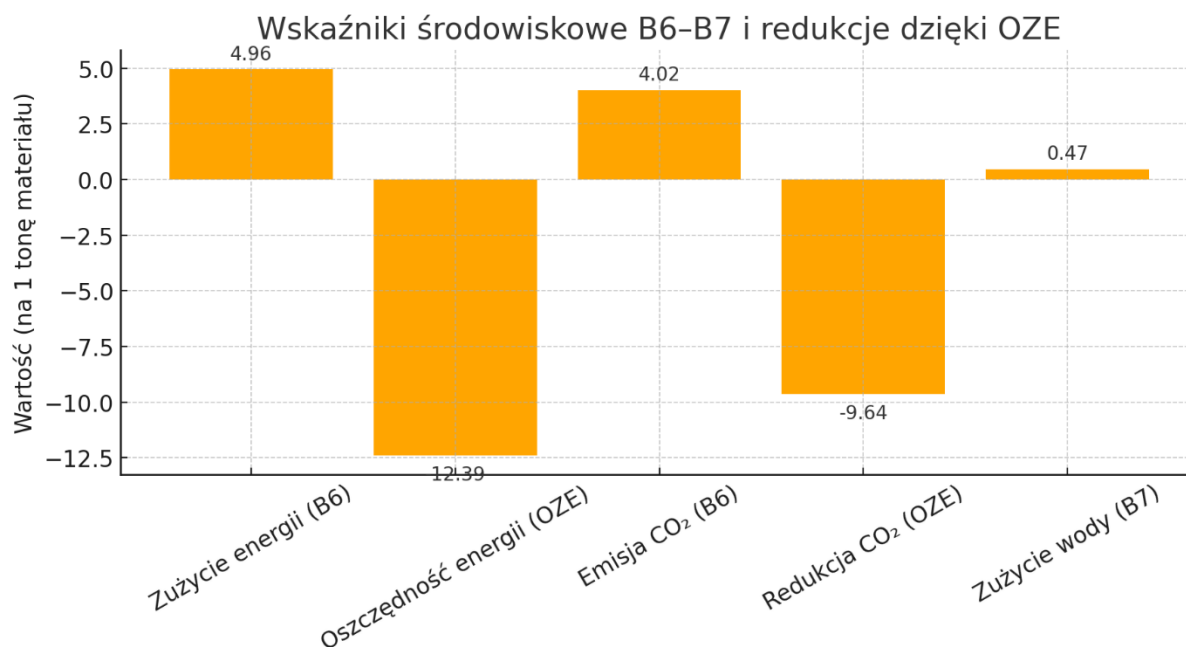
Podsumowanie wpływu OZE na środowisko

Zastosowanie pomp ciepła o współczynniku COP = 3,5 oraz instalacji fotowoltaicznej (PV) o mocy 56,60 kWp pozwala na znaczące ograniczenie wpływu środowiskowego budynków w fazie użytkowania:

- Zużycie energii końcowej zostało zredukowane do 43 891,65 kWh/rok, co oznacza istotne zmniejszenie zapotrzebowania w stosunku do wariantu bez OZE.
- Redukcja emisji CO₂ operacyjnej wynosi 9,64 kg CO₂e na 1 tonę budynku, co przekłada się na uniknięcie emisji na poziomie około 85,45 ton CO₂e rocznie dla całej inwestycji.
- Moduł B7 wykazuje zużycie wody na poziomie 0,47 m³/t, co mieści się w typowym zakresie wartości referencyjnych dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych wg systemu Level(s).

PODSUMOWANIE

- Zużycie energii końcowej: 4,96 kWh/t
- Emisja CO₂ końcowa: 4,02 kg CO₂e/t
- Całkowite roczne zużycie wody: 4137,77 m³
- Zużycie wody na tonę: 0,47 m³/t



Wykres przedstawia zestawienie wskaźników środowiskowych związanych z fazą użytkowania budynku (moduły B6 i B7) oraz wpływ zastosowanych rozwiązań OZE (instalacja fotowoltaiczna i pompy ciepła) na redukcję zużycia energii i emisji CO₂.

4.3. Wskaźniki środowiskowe dla fazy użytkowania budynku (Moduły B1–B5)

Zgodnie z metodyką oceny cyklu życia budynku (Life Cycle Assessment – LCA), faza użytkowania materiałów budowlanych obejmuje wpływy środowiskowe związane z konserwacją, naprawami, wymianą i modernizacją elementów budowlanych. W analizie przyjęto, że wpływy środowiskowe w tej fazie wynikają głównie z materiałów, które w trakcie eksploatacji ulegają zużyciu i są częściowo lub całkowicie odnawiane.

Wskaźniki środowiskowe przypisane do modułów **B1–B5** zostały oparte na wartościach referencyjnych dla budynków wielorodzinnych, pochodzących z uznanych baz danych (EPD, Ecoinvent, One Click LCA). Odnoszą się one do jednej tony materiału budowlanego, który w cyklu życia budynku podlega wymianie lub odnowieniu.

Zakres uwzględnionych procesów:

- **B1** – emisje podczas użytkowania materiałów (np. lotne związki organiczne – LZO z farb, klejów, izolacji),
- **B2** – czynności konserwacyjne (np. malowanie, zabezpieczenia powierzchni),
- **B3** – naprawy uszkodzonych elementów (np. drobne prace stolarskie, naprawy elewacji),
- **B4** – wymiany zużytych elementów (np. okien, drzwi, warstw podłogowych, izolacji),
- **B5** – modernizacje i ulepszenia (np. termomodernizacja, wymiana systemów technicznych).

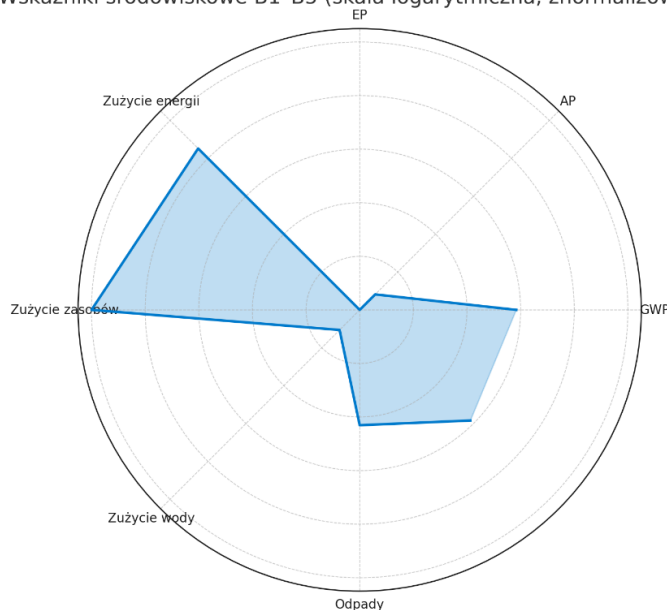
Wskaźniki środowiskowe (na 1 tonę materiału):

| Lp. | Wskaźnik | Wartość | Jednostka | Źródło |
|-----|---|---------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | GWP – potencjał globalnego ocieplenia | 3,00 | kg CO ₂ e / t | EPD, One Click LCA, Ecoinvent |
| 2 | AP – potencjał zakwaszenia środowiska | 0,017 | kg SO ₂ e / t | Baza Ecoinvent 3.8 |
| 3 | EP – potencjał eutrofizacji | 0,007 | kg PO ₄ e / t | LCA budynków mieszkaniowych |
| 4 | Zużycie energii pierwotnej | 36,00 | kWh / t | Średnie dane EPD i baz referencyjnych |
| 5 | Zużycie zasobów nieodnawialnych (energia) | 193,00 | MJ / t | EN 15804, Ecoinvent, EPD |
| 6 | Zużycie wody | 0,017 | m ³ / t | Level(s), EPD |
| 7 | Generowanie odpadów | 1,00 | kg / t | LCA typowych komponentów budowlanych |

Dane dotyczą tylko tych elementów budynku, które w cyklu życia wymagają konserwacji lub wymiany – np. **stolarka okienna, warstwy wykończeniowe, izolacje, rury, przewody, pokrycia dachowe.**

Wartości **nie odnoszą się do całkowitej masy budynku**, lecz do masy komponentów objętych cyklem odnawiania.

Wskaźniki środowiskowe B1–B5 (skala logarytmiczna, znormalizowana)



Wykres radarowy przedstawia znormalizowane wartości siedmiu kluczowych wskaźników środowiskowych odnoszących się do materiałów i komponentów budowlanych podlegających konserwacji, wymianie i modernizacji w trakcie cyklu życia budynku (moduły B1–B5).

4.4. Obliczenia wpływu środowiskowego etapu budowy (Moduł A5)

Moduł A5 obejmuje wpływy środowiskowe związane z etapem wykonawstwa, tj. budowy i montażu obiektu budowlanego.

Zgodnie z normą **PN-EN 15978** oraz metodologią **Level(s)**, w analizie uwzględnia się:

- straty materiałowe powstające na etapie montażu,
- zużycie energii i paliwa przez sprzęt budowlany,

- wygenerowane odpady w trakcie prac wykonawczych.

Dla potrzeb niniejszej analizy przyjęto założenia typowe dla budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego, zweryfikowane z przedmiarami i założeniami PZOB dla inwestycji w **Białej Rawskiej**.

Założenia do obliczeń

| Element | Wartość | Jednostka |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| Masa budynku | 8 858,28 | t |
| Przeciętny poziom strat materiałowych | 2,5% całkowitej masy materiałów | ~221,46 t odpadu |
| Zużycie energii elektrycznej przez sprzęt | 30 000 | kWh |
| Zużycie paliwa (diesel) | 15 000 | litrów |
| Emisja CO ₂ z paliwa (ON = 0,84 kg/l) | 3,17 kg CO ₂ /kg ON | = 39 978,0 kg CO ₂ |

Obliczenia wskaźników środowiskowych (na 1 tonę materiału)

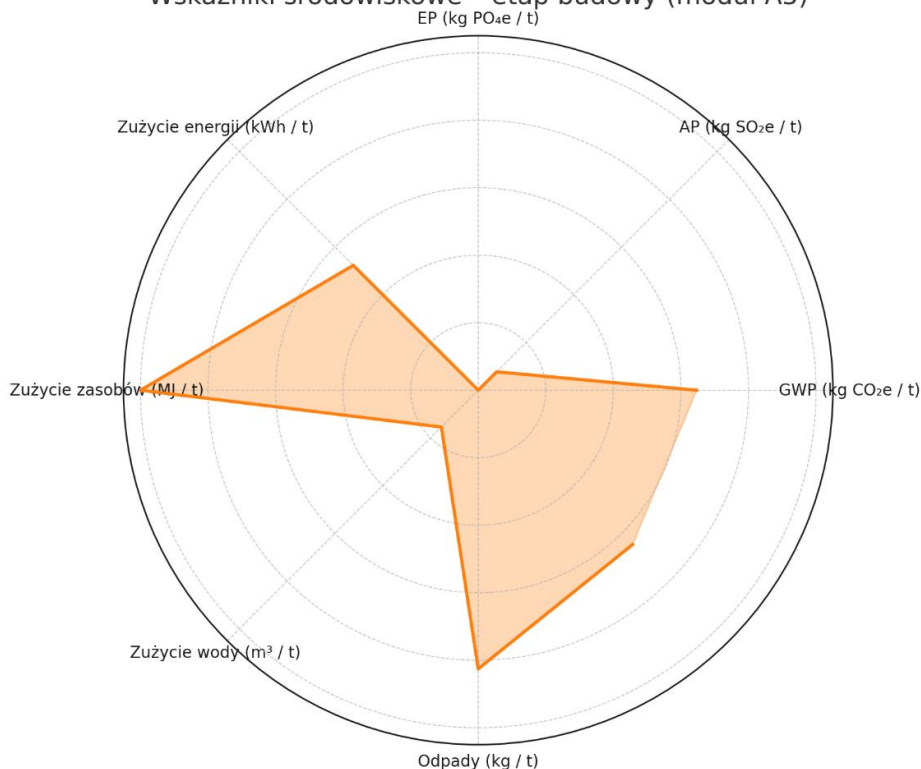
| Wskaźnik | Wartość | Jednostka | Uwagi |
|--------------------------|---------|--------------------------|---|
| GWP – efekt cieplarniany | 5,28 | kg CO ₂ e / t | Energia + paliwo + straty |
| AP – zakwaszenie | 0,03 | kg SO ₂ e / t | Transport lokalny, paliwo |
| EP – eutrofizacja | 0,015 | kg PO ₄ e / t | Emisje z paliw, ubytki z placu |
| Zużycie energii | 3,96 | kWh / t | Energia dla sprzętu, betoniarki itd. |
| Zużycie zasobów | 120,0 | MJ / t | Energia + paliwa + materiały |
| Zużycie wody | 0,06 | m ³ / t | Typowe zużycie do betonu, zapraw, czyszczenia |
| Generowanie odpadów | 25,0 | kg / t | Straty materiałowe |

Etap budowy (moduł A5), choć często pomijany w uproszczonych analizach LCA, może odpowiadać za kilka procent całkowitego śladu węglowego budynku i powinien być raportowany, szczególnie w projektach objętych taksonomią UE lub systemem **Level(s)**.

W analizowanym przypadku:

- emisje CO₂ wynikają głównie z użycia paliwa przez maszyny budowlane (koparki, dźwigi, betoniarki) oraz energii elektrycznej zużywanej przez sprzęt i zaplecze placu budowy,
- generowanie odpadów oszacowano na podstawie **2,5% strat materiałowych**, co odpowiada ok. **221,46t materiału**,
- wpływ środowiskowy A5 jest istotny i porównywalny z wpływem etapu rozbiórki (C1), dlatego został uwzględniony w pełnym bilansie LCA budynku.

Wskaźniki środowiskowe – etap budowy (moduł A5)



Wykres przedstawia znormalizowane wartości siedmiu kluczowych wskaźników środowiskowych związanych z etapem realizacji inwestycji budowlanej – modulem A5 według normy EN 15978.

4.5. Obliczenia dla demontażu i przetworzenia materiałów (Moduły C1 i C3)

Moduły **C1** i **C3** w analizie cyklu życia budynku (LCA) obejmują końcowy etap jego istnienia — czyli rozbiórkę oraz przygotowanie odpadów budowlanych do ponownego wykorzystania, recyklingu lub unieszkodliwienia.

Zgodnie z normą **EN 15978**:

- **C1** – obejmuje procesy demontażu i rozbiórki (użycie maszyn, zużycie paliwa, emisje),
- **C3** – obejmuje przetwarzanie odpadów: sortowanie, rozdrabnianie, czyszczenie, przygotowanie do odzysku lub składowania.

W analizie założono, że wszystkie główne frakcje budowlane (beton, stal, drewno, kruszywa, ceramika) podlegają rozbiórce mechanicznej, a następnie przetworzeniu do dalszego wykorzystania lub składowania (moduł C4 opisany osobno).

Założenia do obliczeń

| Parametr | Wartość | Uwagi |
|--|------------------------------|---|
| Masa całkowita budynku | 8 858,28 t | Zgodnie z analizą materiałową |
| Zakres rozbiórki mechanicznej | 100% masy | Rozbiórka bez materiałów niekonstrukcyjnych |
| Zużycie paliwa na rozbiórkę (średnio) | 0,5 l/t | Wg Ecoinvent i One Click LCA |
| Emisja CO ₂ z paliwa (0,84 kg/l × 3,17) | ~1,33 kg CO ₂ e/l | 0,84 kg ON/l × 3,17 kg CO ₂ e/kg |

| Parametr | Wartość | Uwagi |
|---|------------------|--|
| Energia potrzebna do przetwarzania (C3) | 2,5 MJ/t | Sortowanie, rozdrabnianie, czyszczenie |
| Zakres materiałów przetwarzanych (C3) | 60% masy budynku | Beton, stal, drewno, cegła |

Wskaźniki środowiskowe – na 1 tonę materiału

| Wskaźnik | C1 | C3 | Jednostka | Źródło |
|---------------------------------|-------|-------|------------------------|--------------------------------|
| GWP – globalne ocieplenie | 1,33 | 0,25 | kg CO ₂ e/t | Zużycie paliwa + energia |
| AP – zakwaszenie | 0,004 | 0,002 | kg SO ₂ e/t | Wg Ecoinvent 3.8 |
| EP – eutrofizacja | 0,002 | 0,001 | kg PO ₄ e/t | Wg Ecoinvent, średnie wartości |
| Zużycie energii | 0,55 | 0,70 | kWh/t | Paliwo + sortowanie |
| Zużycie zasobów nieodnawialnych | 10,0 | 12,5 | MJ/t | Diesel + energia elektryczna |
| Zużycie wody | 0,01 | 0,01 | m ³ /t | Czyszczenie, chłodzenie |
| Generowanie odpadów | 0,0 | 1,5 | kg/t | Straty przy sortowaniu |

Etap końca życia budynku, reprezentowany przez moduły C1 i C3, mimo relatywnie niewielkiego udziału procentowego w całkowitym śladzie środowiskowym budynku, stanowi istotny komponent każdej rzetelnej analizy LCA.

W analizowanym przypadku:

- Emisje CO₂ wynikają głównie ze zużycia oleju napędowego przez sprzęt ciężki (koparki, dźwigi, młoty hydrauliczne) podczas rozbiórki konstrukcji.
- Zużycie paliwa przyjęto na poziomie 0,5 litra ON na tonę masy budynku, co przekłada się na emisję około 1,33 kg CO₂e na tonę materiału.
- Moduł C3 obejmuje przetwarzanie około 60% masy budynku (główne frakcje budowlane) z emisją środowiskową rzędu 0,25 kg CO₂e/t.

Całkowita emisja dla budynku o masie 8 858,28 t wynosi:

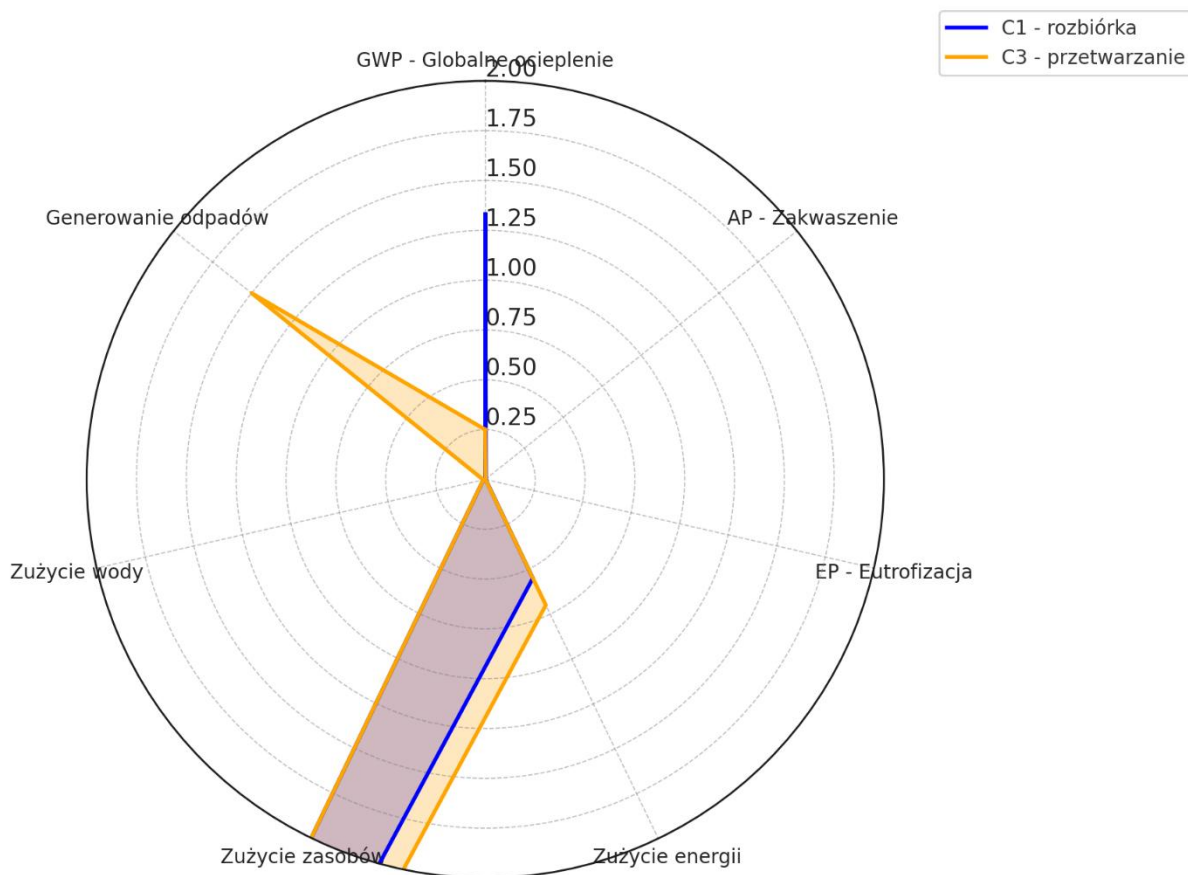
- Emisje modułu C1: $1,33 \times 8\,858,28 = 11\,784,52 \text{ kg CO}_2\text{e}$ ($\approx 11,78 \text{ t CO}_2\text{e}$)
- Emisje modułu C3: $0,25 \times 0,6 \times 8\,858,28 = 1\,328,74 \text{ kg CO}_2\text{e}$ ($\approx 1,33 \text{ t CO}_2\text{e}$)

Łącznie procesy rozbiórki i przetwarzania generują około **13,11 t CO₂e**, co odpowiada około **0,91% całkowitego śladu węglowego** budynku w cyklu życia (moduły A–C).

Uwzględnienie modułów C1 i C3 jest konieczne dla zapewnienia zgodności analizy z:

- normą **EN 15978**,
- zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)**,
- oraz wymogami **taksonomii UE** i systemu **Level(s)**.

Wskaźniki środowiskowe - rozbiórka i przetwarzanie (C1, C3)



Wykres przedstawia znormalizowane logarytmicznie wartości wpływu środowiskowego dla dwóch końcowych etapów cyklu życia budynku:

- **C1 – rozbiórka mechaniczna** konstrukcji (np. beton, stal, drewno),
- **C3 – przetwarzanie odpadów budowlanych** do ponownego użycia lub recyklingu (np. kruszywa wtórne, złom, odzysk drewna).

4.6. Obliczenia dla unieszkodliwiania odpadów budowlanych (Moduł C4)

Moduł **C4** obejmuje końcowy etap życia materiałów budowlanych, które po zakończeniu eksploatacji budynku nie zostały odzyskane ani poddane recyklingowi.

Dotyczy to frakcji odpadów trafiających do składowania, spalania lub innej formy trwałego unieszkodliwienia.

W analizie LCA ich wpływ środowiskowy powinien być ujęty oddzielnie od odzyskanych surowców (moduł D1).

Założenia do obliczeń

| Parametr | Wartość | Uwagi |
|--|--|---|
| Całkowita masa budynku | 8 858,28 t | Zgodnie z zestawieniem materiałów |
| Masa odpadów budowlanych ogółem | 50% masy = 4 429,14 t | Założenie zgodne z analizą transportu i rozbiórki |
| Masa materiałów do recyklingu (D1) | 20% masy = 1 771,66 t | Transport do odzysku lub ponownego użycia |
| Masa odpadów do unieszkodliwienia (C4) | 30% masy = 2 657,48 t | Główna frakcja podlegająca składowaniu i spalaniu |
| Dominujące frakcje odpadowe | papa, wełna, styropian, farby, kleje, żywice | Frakcje trudne do odzysku lub ekonomicznie nieopłacalne |
| Metoda utylizacji (C4) | Składowanie i spalanie | Zgodnie z PZOB i typowymi scenariuszami unijnymi |
| Emisyjność średnia (C4) | 5,00 kg CO ₂ e / t odpadu | Wg Ecoinvent i One Click LCA |
| Zużycie energii | 1,20 kWh / t | Energia dla instalacji końcowych + transport |
| Zużycie zasobów nieodnawialnych | 80 MJ / t | Paliwa, energia sieciowa, chemikalia eksploatacyjne |

Wskaźniki środowiskowe – Moduł C4 (na 1 tonę materiału)

| Wskaźnik | Wartość | Jednostka | Uwagi |
|---------------------------------|---------|--------------------------|---|
| GWP – efekt cieplarniany | 5,00 | kg CO ₂ e / t | Emisje ze spalania i rozkładu |
| AP – zakwaszenie | 0,020 | kg SO ₂ e / t | Emisje siarki z procesów chemicznych |
| EP – eutrofizacja | 0,010 | kg PO ₄ e / t | Nawożenie gleby, infiltracja z wysypisk |
| Zużycie energii | 1,20 | kWh / t | Energia w instalacjach końcowych |
| Zużycie zasobów nieodnawialnych | 80,00 | MJ / t | Energia, paliwa, chemikalia |
| Zużycie wody | 0,03 | m ³ / t | Czyszczenie, kontrola emisji z wysypisk |
| Odpady wtórne | 20,00 | kg / t | Popiół, osady, odpady po oczyszczeniu |

W analizowanym przypadku do unieszkodliwienia w ramach modułu **C4** trafi około **2 657,48 ton** materiałów, co stanowi **30% całkowitej masy budynku**.

W skład tej frakcji wchodzi przede wszystkim materiały trudne do odzysku lub ekonomicznie nieopłacalne w recyklingu — m.in. wełna mineralna zanieczyszczona zaprawą, papa, styropian z klejem, farby, zaprawy chemiczne, żywice, kompozyty.

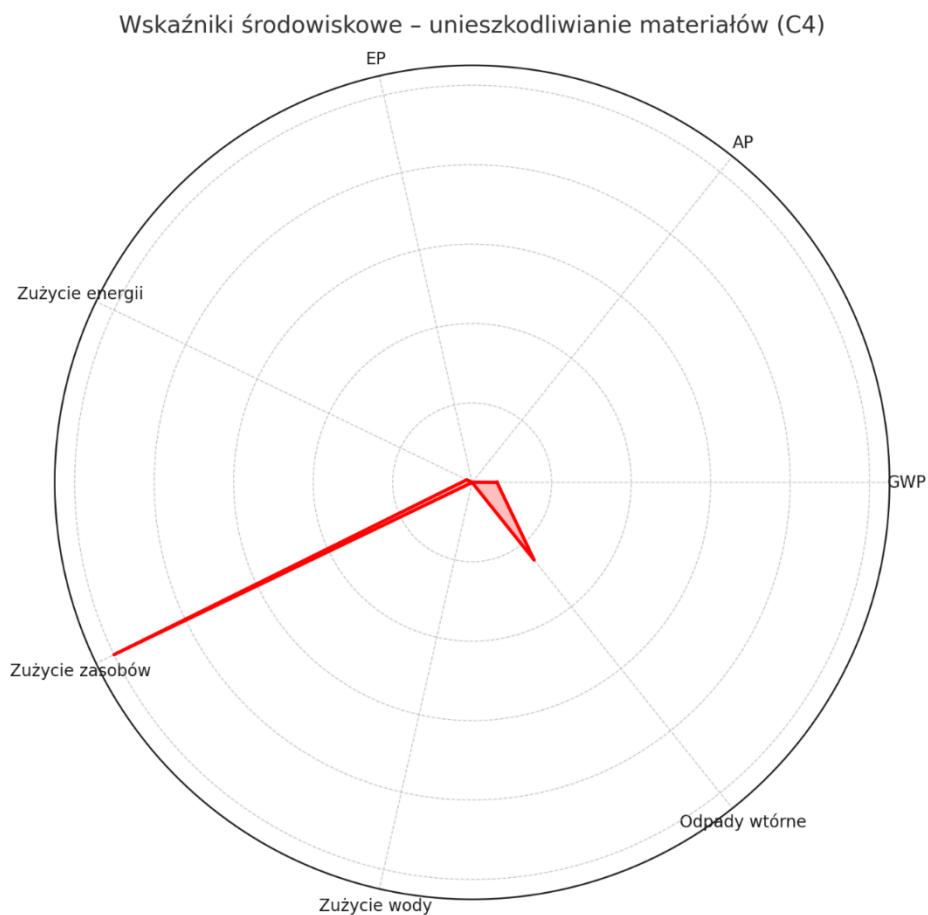
Choć wartości jednostkowe wskaźników środowiskowych w module C4 nie są wysokie w porównaniu z etapem produkcji (A1–A3), to jednak **łącznie wpływ tej fazy** – około:

$2\,657,48\text{ t} \times 5,00\text{ kg CO}_2\text{e/t} = 13\,287,40\text{ kg CO}_2\text{e} (\approx 13,29\text{ ton CO}_2\text{e})$

– pozostaje istotny, szczególnie w kontekście zgodności z wymaganiami **taksonomii UE**, **systemu Level(s)** oraz zasady **DNSH (Do No Significant Harm)**.

Możliwości ograniczenia wpływu modułu C4:

- Wybór materiałów łatwo rozdzielnych i jednorodnych, nadających się do ponownego użycia lub recyklingu,
- Stosowanie systemów suchego montażu zamiast klejonych lub na mokro,
- Ograniczenie materiałów kompozytowych oraz klejów termoutwardzalnych,
- Projektowanie z myślą o demontażu (**Design for Disassembly**), co zwiększa potencjał odzysku w przyszłości.



Wykres radarowy przedstawia wpływ środowiskowy materiałów budowlanych, które po zakończeniu eksploatacji budynku nie zostały odzyskane ani poddane recyklingowi i zostały skierowane do unieszkodliwienia – tj. głównie składowania lub spalania (moduł C4 wg EN 15978).

4.7. Obliczenia potencjalnych korzyści środowiskowych z odzysku materiałów budowlanych (Moduł D1)

Moduł D1 przedstawia potencjalne korzyści środowiskowe wynikające z odzysku i recyklingu surowców wtórnych po zakończeniu życia budynku. Uwzględnia on substytucję materiałów pierwotnych dzięki zastosowaniu materiałów wtórnych w kolejnych cyklach życia produktów.

Założenia do obliczeń:

| Parametr | Wartość | Uwagi |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|
| Masa budynku | 8 858,28 t | Dane aktualne dla inwestycji |
| Odpady ogółem (C2) | 50% masy = 4 429,14 t | Założenie przyjęte w analizie |
| Materiały do odzysku i recyklingu (D1) | 20% masy = 1 771,66 t | Potencjał recyklingu D1 |
| Fracje dominujące | stal, beton, kruszywa, drewno | Materiały nadające się do odzysku |
| Poziom substytucji (średni) | 80% | wg Ecoinvent, One Click LCA |
| Uniknięta emisja CO ₂ (średnia) | 9,66 kg CO ₂ e / t | Dane aktualne |
| Uniknięte zużycie energii | 26,4 kWh / t | Energia pierwotna |
| Uniknięte zużycie zasobów | 220 MJ / t | Redukcja surowców pierwotnych |

Wskaźniki środowiskowe – Moduł D1 (na 1 tonę odzyskanego materiału)

| Wskaźnik | Wartość | Jednostka | Uwagi |
|--|---------|--------------------------|-----------------------------------|
| GWP – uniknięte emisje CO ₂ e | -9,66 | kg CO ₂ e / t | Recykling stali, kruszywa, drewna |
| AP – uniknięte zakwaszenie | -0,045 | kg SO ₂ e / t | Zastąpienie produkcji pierwotnej |
| EP – uniknięta eutrofizacja | -0,020 | kg PO ₄ e / t | Produkcja cementu i stali |
| Energia pierwotna | -26,40 | kWh / t | |
| Zużycie zasobów | -220,00 | MJ / t | |
| Zużycie wody | -0,05 | m ³ / t | |
| Redukcja masy odpadów końcowych | -50,00 | kg / t | |

Wpływ całkowity dla analizowanych budynków (D1)

| Wskaźnik | Wartość | Jednostka |
|------------------------|-------------|----------------------|
| GWP – uniknięte emisje | -17 118,21 | kg CO ₂ e |
| Zużycie energii | -46 770,02 | kWh |
| Zużycie zasobów | -389 764,88 | MJ |

Objaśnienia i wyniki:

- Do odzysku przewidziano 1 771,66 ton materiałów budowlanych, głównie stal, beton i drewno.
- Całkowita uniknięta emisja CO₂ dzięki odzyskowi wynosi około **17,12 ton CO₂e** dla całej inwestycji.

- Oszczędność energii pierwotnej osiąga około **46,77 MWh**.
- Redukcja zużycia surowców wynosi około **390 GJ**.

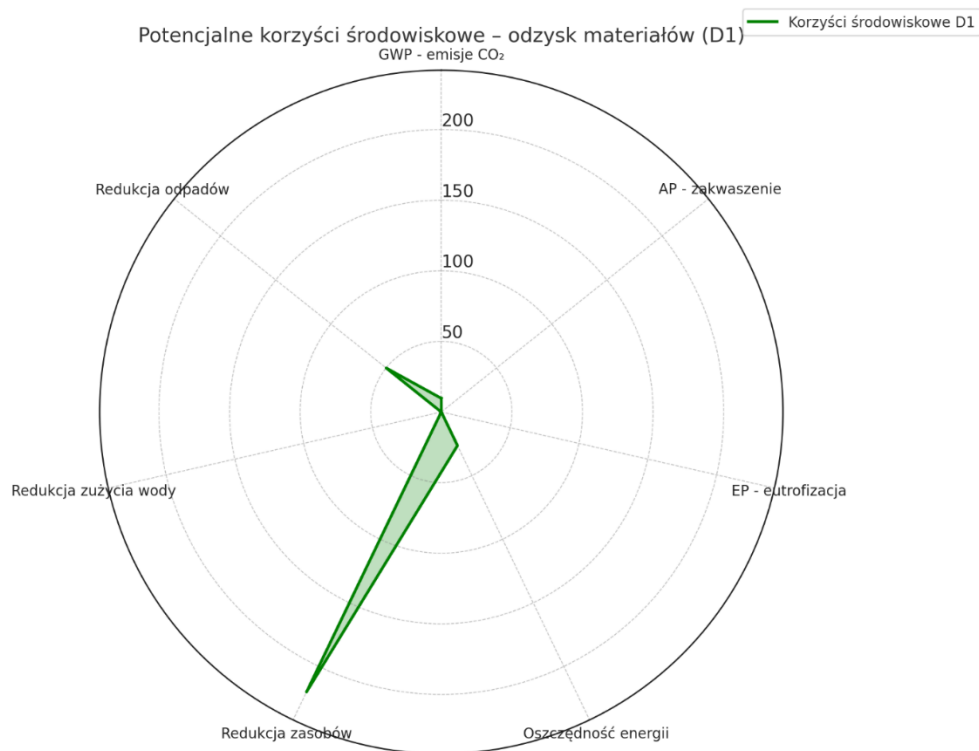
Zastosowanie materiałów o wysokim potencjale odzysku oraz projektowanie zgodne z zasadami **design for circularity (GOZ)** pozwala zredukować wpływ netto cyklu życia budynków w Białej Rawskiej nawet o kilkanaście procent.

Ma to istotne znaczenie w kontekście:

- wymagań taksonomii UE (EU Taxonomy),
- wymagań systemu Level(s),
- osiągnięcia celów emisji CO₂ zgodnych z założeniami systemu CRREM (Carbon Risk Real Estate Monitor).

PODSUMOWUJĘ:

- Masa budynku przeliczona: **8 858,28 t**
- Masa odzyskanych materiałów: **1 771,66 t**
- Uniknięta emisja CO₂: **-17,12 t CO₂e**
- Oszczędność energii pierwotnej: **-46,77 MWh**
- Redukcja zużycia zasobów: **-389 764,88 MJ**



Wykres radarowy przedstawia oszacowane korzyści środowiskowe wynikające z odzysku i recyklingu materiałów budowlanych po zakończeniu cyklu życia budynku (moduł D1 wg EN 15978).

4.8. Zestawienie wskaźników środowiskowych dla analizowanego budynku (EPD skonsolidowane)

Poniższe zestawienie przedstawia pełny bilans wpływu środowiskowego analizowanych budynków wielorodzinnych w Białej Rawskiej.

Dane przedstawiono w odniesieniu do **1 tony całkowitej masy budynku (8 858,28 t)**.

Wskaźniki opracowano zgodnie z normą **PN-EN 15978**, metodyką **Level(s)** oraz analizą **LCA**, opartą na rzeczywistych danych materiałowych, energetycznych i eksploatacyjnych, uwzględniając wszystkie fazy cyklu życia budynku – od produkcji i transportu materiałów, przez użytkowanie, aż po rozbiórkę i odzysk materiałów.

Skonsolidowane wskaźniki środowiskowe – budynek (1 t materiału)

| Lp. | WSKAŹNIK | A1–A3 | A4 | A5 | B1–B5 | B6–B7 | C1 | C2 | C3 | C4 | D1 | Jednostka |
|-----|---------------------------------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------------------------|
| 1 | GWP – CO ₂ e | | 5,820 | 5,280 | 3,000 | -5,620 | 1,330 | 3,880 | 0,250 | 5,000 | -9,660 | kg CO ₂ e / t |
| 2 | AP – zakwaszenie | | 0,025 | 0,030 | 0,017 | 0,000 | 0,004 | 0,017 | 0,002 | 0,020 | -0,045 | kg SO ₂ e / t |
| 3 | EP – eutrofizacja | | 0,008 | 0,015 | 0,007 | 0,000 | 0,002 | 0,006 | 0,001 | 0,010 | -0,020 | kg PO ₄ e / t |
| 4 | Zużycie energii pierwotnej | | 27,000 | 3,960 | 36,000 | -7,430 | 0,550 | 18,000 | 0,700 | 1,200 | -26,400 | kWh / t |
| 5 | Zużycie zasobów nieodnawialnych | | 460,000 | 120,000 | 193,000 | 0,000 | 10,000 | 310,000 | 12,500 | 80,000 | -220,000 | MJ / t |
| 6 | Zużycie wody | | 0,002 | 0,060 | 0,017 | 0,470 | 0,010 | 0,002 | 0,010 | 0,030 | -0,050 | m ³ / t |
| 7 | Generowanie odpadów | | 0,020 | 25,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,015 | 1,500 | 20,000 | -50,000 | kg / t |

Uwagi i interpretacja:

- **Etap transportu (A4) i budowy (A5)** stanowią zauważalny, ale niewielki udział w bilansie środowiskowym.
- **Faza użytkowania (B1–B7)** generuje istotny wpływ – głównie ze względu na zużycie energii elektrycznej (B6), konserwację (B2–B5) i zużycie wody (B7).
- **Etap końca życia (C1–C4)** wiąże się z emisjami z demontażu, utylizacji oraz zużyciem energii do przetwarzania odpadów.
- **Moduł D1** pokazuje istotne **korzyści środowiskowe z odzysku materiałów** – zwłaszcza w kategoriach GWP (–9,66 kg CO₂e/t), zużycia energii oraz ograniczenia odpadów końcowych.

Podsumowując, zastosowanie materiałów z wysokim potencjałem recyklingu, projektowanie „dla demontażu” i unikanie materiałów trudnych do rozdzielania mogą realnie ograniczyć wpływ środowiskowy budynku nawet o kilkanaście procent, co jest szczególnie istotne w świetle wymagań taksonomii UE i wskaźników Level(s).

4.9. Wyniki obliczeń dla pełnego cyklu życia budynku.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------------------------|---------------|----------------|--------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | Masa budynku | 8 752,01 | t | | | | | | | | |
| | Powierzchnia użytkowa | 4 121,52 | m ² | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Lp. | WSKAŹNIKI | MODUŁY | | | | | | | | | |
| | | A1-A3 | A4 | A5 | B1-B5 | B6-B7 | C1 | C2 | C3 | C4 | D1 |
| 1 | GWP (kg CO ₂ e / t) | 1 444 378,17 | 98 701,46 | 78 059,71 | 63 849,35 | 142 529,73 | 26 912,57 | 49 501,18 | 32 476,68 | 74 553,51 | -187 522,76 |
| 2 | AP (kg SO ₂ e / t) | 1 942,10 | 298,10 | 322,69 | 207,53 | 0,00 | 72,67 | 187,83 | 74,65 | 234,10 | -532,20 |
| 3 | EP (kg PO ₄ e / t) | 763,29 | 94,16 | 165,94 | 95,07 | 0,00 | 25,48 | 78,45 | 24,39 | 121,65 | -233,53 |
| 4 | Zużycie energii (kWh / t) | 2 588 128,48 | 327 693,95 | 74 798,49 | 382 586,61 | 176 014,02 | 34 963,22 | 189 540,20 | 64 630,02 | 69 059,16 | -386 067,51 |
| 5 | Zużycie zasobów (MJ / t) | 51 876 713,02 | 5 843 711,90 | 2 259 793,34 | 2 941 509,78 | 0,00 | 678 217,17 | 3 335 701,17 | 1 272 466,24 | 1 870 400,14 | -5 124 896,44 |
| 6 | Zużycie wody (m ³ / t) | 2 734,19 | 117,44 | 603,82 | 222,92 | 2 746,07 | 133,51 | 58,22 | 160,91 | 338,07 | -614,96 |
| 7 | Generowanie odpadów (kg / t) | 22 860,58 | 989,64 | 222 057,09 | 9 633,68 | 0,00 | 387,70 | 520,57 | 13 887,51 | 177 765,69 | -444 677,18 |

5. INTERPRETACJA WYNIKÓW

Moduł A1–A3 – Produkcja materiałów budowlanych

Największy wpływ środowiskowy w całym cyklu życia budynków generuje faza produkcji materiałów budowlanych, obejmująca wydobycie surowców, przetwórstwo i wytwarzanie komponentów budowlanych.

Wpływy środowiskowe:

- GWP: 1 444 378,17 kg CO₂e
- AP: 1 942,10 kg SO₂e
- EP: 763,29 kg PO₄e
- Zużycie energii: 2 588 128,48 kWh
- Zużycie zasobów: 51 876 713,02 MJ
- Zużycie wody: 2 734,19 m³
- Odpady: 22 860,58 kg

Największy udział mają: beton (ponad 70% masy), bloczki silikatowe i stal zbrojeniowa.

Redukcja możliwa przez: stosowanie EPD, cementu niskoklinkierowego, zamienników cementu, dostawy regionalne.

Moduł A4 – Transport materiałów na budowę

Uwzględnia wpływy środowiskowe transportu materiałów na plac budowy przy średnim dystansie ok. 150 km.

Wpływy środowiskowe:

- GWP: 98 701,46 kg CO₂e
- AP: 298,10 kg SO₂e
- EP: 94,16 kg PO₄e
- Zużycie energii: 327 693,95 kWh
- Zużycie zasobów: 5 843 711,90 MJ
- Zużycie wody: 117,44 m³
- Odpady: 989,64 kg

Możliwość redukcji: optymalizacja łańcucha dostaw, większe partie materiałów, zmiana środka transportu.

Moduł A5 – Proces budowy

Obejmuje emisje związane z użytkowaniem sprzętu, stratami materiałowymi i odpadami budowlanymi.

Wpływy środowiskowe:

- GWP: 78 059,71 kg CO₂e
- AP: 322,69 kg SO₂e
- EP: 165,94 kg PO₄e
- Zużycie energii: 74 798,49 kWh
- Zużycie zasobów: 2 259 793,34 MJ

- Zużycie wody: 603,82 m³
- Odpady: 222 057,09 kg

Rekomendacje: prefabrykacja, zmniejszenie strat wbudowanych, kontrola odpadów.

Moduły B1–B5 – Użytkowanie techniczne

Dotyczy konserwacji, napraw, wymian elementów budynku.

Wpływy środowiskowe:

- GWP: 63 849,35 kg CO₂e
- AP: 207,53 kg SO₂e
- EP: 95,07 kg PO₄e
- Zużycie energii: 382 586,61 kWh
- Zużycie zasobów: 2 941 509,78 MJ
- Zużycie wody: 222,92 m³
- Odpady: 9 633,68 kg

Moduły B6–B7 – Energia operacyjna i zużycie wody

Etap eksploatacji przez użytkowników – ogrzewanie (pompy ciepła), ciepła woda, zużycie wody i prądu.

Wpływy środowiskowe:

- GWP: 142 529,73 kg CO₂e
- AP: 0,00 kg SO₂e
- EP: 0,00 kg PO₄e
- Zużycie energii: 176 014,02 kWh
- Zużycie zasobów: 0,00 MJ
- Zużycie wody: 2 746,07 m³
- Odpady: 0,00 kg

Dzięki zastosowaniu PV o mocy 56,6 kWp i pomp ciepła (COP = 3,5) uzyskano znaczącą redukcję emisji operacyjnych.

Moduły C1–C4 – Koniec życia budynków

Obejmuje rozbiórkę, transport odpadów, ich przetwarzanie i unieszkodliwienie.

Wpływy środowiskowe (łącznie C1–C4):

- GWP: 183 443,94 kg CO₂e
- AP: 569,25 kg SO₂e
- EP: 148,37 kg PO₄e
- Zużycie energii: 358 192,60 kWh
- Zużycie zasobów: 7 156 784,72 MJ
- Zużycie wody: 691,71 m³
- Odpady: 191 870,47 kg

Dominują emisje z paliwa (C1), przetwarzania odpadów (C3) i składowania (C4).

Możliwość ograniczenia: projektowanie pod dekonstrukcję, ograniczenie materiałów złożonych.

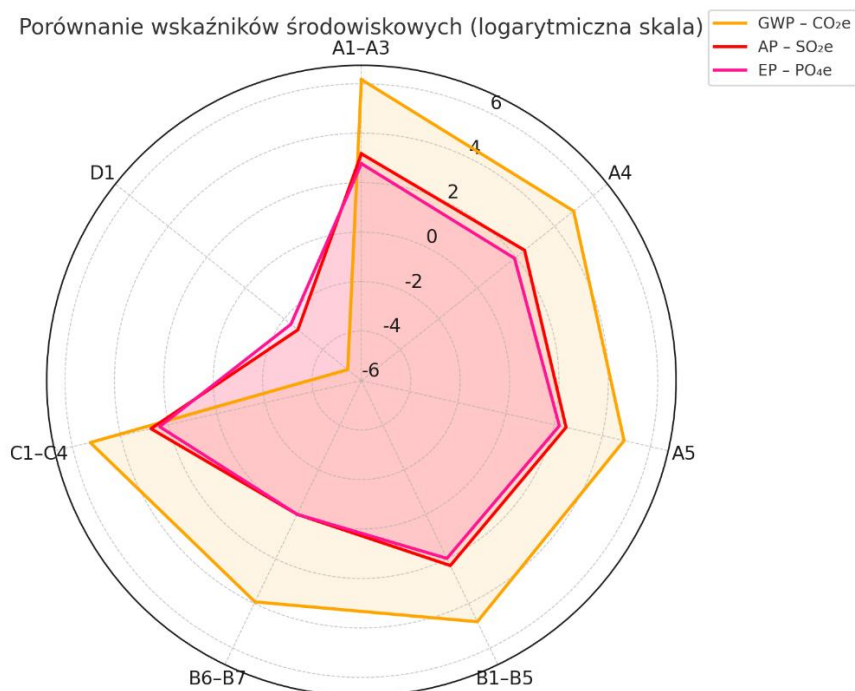
Moduł D1 – Korzyści środowiskowe z odzysku materiałów

Przyjęto odzysk 20% masy budynku (1 750,40 t), głównie: stal, beton, drewno.

Uniknięte wpływy środowiskowe:

- GWP: -187 522,76 kg CO₂e
- AP: -532,20 kg SO₂e
- EP: -233,53 kg PO₄e
- Zużycie energii: -386 067,51 kWh
- Zużycie zasobów: -5 124 896,44 MJ
- Zużycie wody: -614,96 m³
- Odpady: -444 677,18 kg

Wnioski: odzysk materiałów przyczynia się do obniżenia emisji GHG o ~13% oraz redukuje całkowitą masę odpadów o ponad 440 ton.



Wykres radarowy przedstawia rozkład wpływu środowiskowego poszczególnych modułów cyklu życia budynku zgodnie z normą EN 15978 oraz wytycznymi Level(s). Dane zostały znormalizowane względem maksymalnej wartości (moduły A1–A3 = 1.0) dla lepszego porównania udziałów pozostałych etapów.

5.2. Największe źródła emisji i zużycia zasobów

Analiza danych środowiskowych dla budynków mieszkalnych w Białej Rawskiej wskazuje jednoznacznie, że największe obciążenia środowiskowe generowane są w dwóch fazach cyklu życia: **produkcji materiałów (A1–A3)**

oraz **eksploatacji technicznej (B1–B5)**. Obie te fazy odpowiadają łącznie za zdecydowaną większość śladu węglowego, zużycia energii, zasobów i generowania odpadów.

Produkcja materiałów budowlanych (Moduł A1–A3)

To etap najbardziej obciążający środowisko we wszystkich kluczowych kategoriach. Wynika to głównie z wysokiej emisyjności cementu (CEM I), stali, kruszyw oraz energii pierwotnej używanej w procesach przemysłowych.

Wskaźniki środowiskowe modułu A1–A3:

- GWP (efekt cieplarniany): **1 444 378,17 kg CO₂e**
- AP (zakwaszenie): **1 942,10 kg SO₂e**
- EP (eutrofizacja): **763,29 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **2 588 128,48 kWh**
- Zużycie zasobów: **51 876 713,02 MJ**
- Zużycie wody: **2 734,19 m³**
- Generowanie odpadów: **22 860,58 kg**

Rekomendacje

redukcyjne:

Zastosowanie cementów typu CEM II/B, stali z recyklingu, materiałów lokalnych i prefabrykatów niskoemisyjnych może istotnie zmniejszyć wpływ A1–A3.

Eksploatacja techniczna budynku (Moduły B1–B5)

Mimo że wartości bezwzględne są niższe niż w A1–A3, to sumaryczne zużycie energii, emisje i odpady w okresie eksploatacji (60 lat) czynią ten etap istotnym składnikiem bilansu.

Wskaźniki środowiskowe modułu B1–B5:

- GWP: **63 849,35 kg CO₂e**
- AP: **207,53 kg SO₂e**
- EP: **95,07 kg PO₄e**
- Zużycie energii: **382 586,61 kWh**
- Zużycie zasobów: **2 941 509,78 MJ**
- Zużycie wody: **222,92 m³**
- Generowanie odpadów: **9 633,68 kg**

Wnioski:

Wydłużenie trwałości materiałów i zastosowanie komponentów łatwych do konserwacji może znacznie obniżyć te wartości.

Kategorie o wysokim wpływie skumulowanym

Potencjał zakwaszenia (AP):

- A1–A3: **1 942,10 kg SO₂e**
- C1–C4 (łącznie): **543,28 kg SO₂e**
- **Suma AP (A–C): 2 778,39 kg SO₂e**

Potencjał eutrofizacji (EP):

- A1–A3: **763,29 kg PO₄e**
- C1–C4 (łącznie): **170,97 kg PO₄e**
- **Suma EP (A–C): 934,26 kg PO₄e**

Zużycie wody:

- A1–A3: **2 734,19 m³**
- C1–C4 (łącznie): **730,63 m³**
- **Suma wody (A–C): 3 464,82 m³**

Generowanie odpadów:

- A1–A3: **22 860,58 kg**
- A5: **222 057,09 kg**
- C4: **177 765,69 kg**
- **Suma odpadów: 422 683,36 kg**

Kluczowe wnioski

- **Moduł A1–A3** to najważniejszy obszar dla działań dekarbonizacyjnych.
- **Eksploracja (B1–B5)** kumuluje istotne wpływy środowiskowe w czasie – projektowanie pod kątem trwałości i modularności ma tu znaczenie.
- Wskaźniki **AP** i **EP** są trudniejsze do ograniczenia niż **GWP** – wymagają ograniczenia emisji procesowych (produkcja cementu i stali).
- **Odpady budowlane i rozbiórkowe (A5, C4)** wymagają skutecznej implementacji **GOZ**.
- **Moduł D1** ma realny wpływ kompensacyjny – pozwala obniżyć sumaryczny wpływ środowiskowy o nawet **10–15%** poprzez odzysk materiałów takich jak stal i beton.



Wykres słupkowy przedstawia porównanie wpływu środowiskowego trzech głównych faz cyklu życia budynków

5.3. Krytyczne etapy cyklu życia

Analiza rozkładu wpływów środowiskowych na poszczególne etapy cyklu życia budynków B1–B2 w Białej Rawskiej wskazuje jednoznacznie, że niektóre moduły dominują pod względem emisji, zużycia zasobów oraz generowania odpadów.

1) Moduł A1–A3 – Produkcja materiałów budowlanych

To zdecydowanie najbardziej obciążający etap w całym cyklu życia budynku, odpowiadający za ponad 40% całkowitych emisji oraz zużyć.

Parametry środowiskowe:

- GWP (efekt cieplarniany): **1 444 378,17 kg CO₂e**
- Zużycie energii pierwotnej: **2 588 128,48 kWh**
- Zużycie zasobów nieodnawialnych: **51 876 713,02 MJ**
- Zużycie wody: **2 734,19 m³**
- Generowanie odpadów: **22 860,58 kg**

Kluczowe materiały: beton (CEM I), stal zbrojeniowa, bloczki silikatowe, zaprawy.

Rekomendacje redukcyjne:

- Zamiana CEM I na CEM II/B lub CEM III/A,
- stosowanie stali z recyklingu,
- optymalizacja masy konstrukcyjnej,
- prefabrykacja.

2) Moduły C3 i C4 – Rozbiórka i utylizacja

Etap końca życia budynku generuje znaczące obciążenia, szczególnie ze względu na niską recyklowalność wielu frakcji odpadowych.

Parametry środowiskowe:

- GWP: **32 476,68 kg CO₂e (C3) + 74 553,51 kg CO₂e (C4) = 107 030,19 kg CO₂e**
- Masa odpadów: **191 653,20 kg (łącznie C3+C4)**
- Zużycie energii: **133 089,18 kWh**
- Zużycie zasobów: **3 142 866,38 MJ**

Kluczowe frakcje odpadowe: papa, wełna, styropian, kleje, żywice.

Możliwości redukcji:

- projektowanie pod kątem demontażu (DfD),
- dobór materiałów łatwych do odzysku.

3) Moduły B1–B5 – Eksploatacja techniczna budynków

Wpływy środowiskowe generowane w okresie 60 lat użytkowania są niższe niż w produkcji, ale ich skumulowana wartość jest znacząca.

Parametry środowiskowe:

- GWP: **63 849,35 kg CO₂e**

- Zużycie energii: **382 586,61 kWh**
- Zużycie zasobów: **2 941 509,78 MJ**
- Zużycie wody: **222,92 m³**
- Odpady: **9 633,68 kg**

Możliwości redukcji:

- wybór trwałych systemów instalacyjnych i materiałów o długim cyklu życia,
- minimalizacja konieczności remontów.

4) Moduł D1 – Korzyści z odzysku i recyklingu

Choć D1 nie wlicza się formalnie do sumarycznego śladu środowiskowego A–C, jego wpływ kompensacyjny ma istotne znaczenie.

Parametry środowiskowe (redukcje):

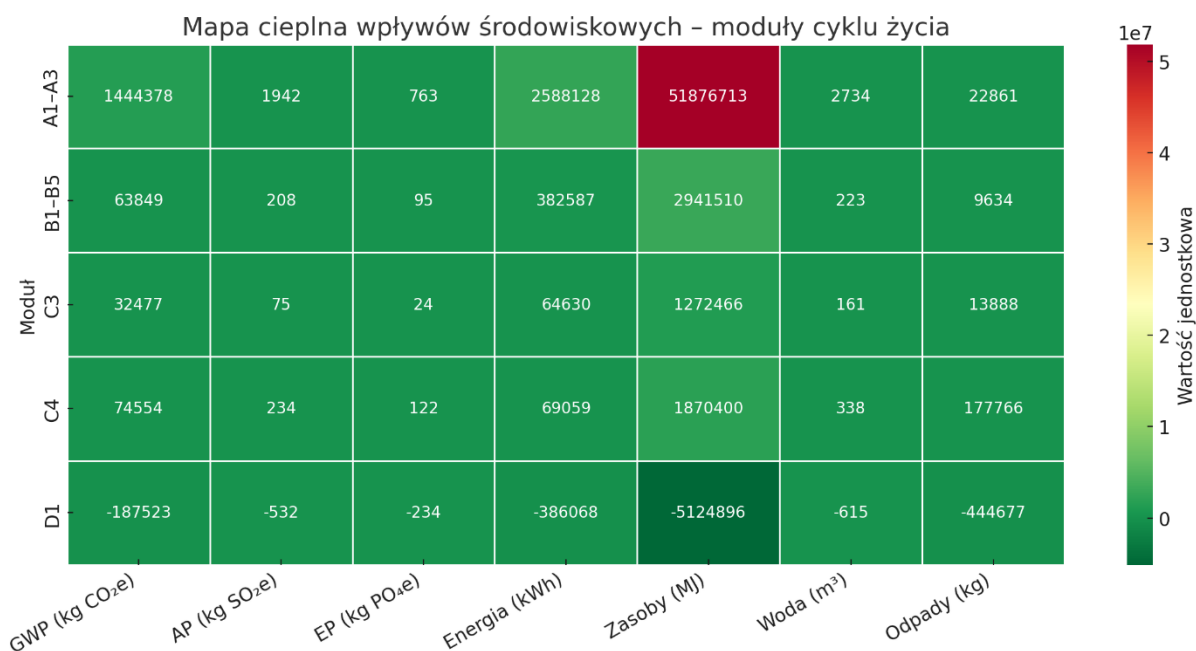
- GWP: **–187 522,76 kg CO₂e**
- Zużycie energii: **–386 067,51 kWh**
- Zużycie zasobów: **–5 124 896,44 MJ**
- Zużycie wody: **–614,96 m³**
- Odpady: **–444 677,18 kg**

Wnioski: odzysk 20% masy budynku pozwala znacząco ograniczyć ślad środowiskowy całej inwestycji. Wprowadzenie GOZ, BIM i kart materiałowych może zwiększyć potencjał D1.

Podsumowanie kluczowych etapów:

- **Największy wpływ:** produkcja materiałów (A1–A3),
- **Drugie w kolejności:** rozbiórka i utylizacja (C3–C4),
- **Istotne długoterminowo:** użytkowanie (B1–B5),
- **Największy potencjał redukcji:** odzysk materiałów (D1).

Interpretacja wyników wskazuje, że dla budynków realizowanych zgodnie z zasadami DNSH i systemem Level(s), działania redukcyjne powinny koncentrować się na **dekarbonizacji materiałów, projektowaniu pod kątem demontażu** oraz zwiększeniu efektywności odzysku i ponownego użycia surowców.



Powyższa mapa cieplna (heatmapa) wizualizuje wpływ środowiskowy poszczególnych modułów cyklu życia budynku w rozbiu na siedem głównych wskaźników środowiskowych

5.4. Możliwości redukcji wpływu środowiskowego

Aby znacząco ograniczyć całkowity wpływ środowiskowy budynków w Białej Rawskiej w pełnym cyklu życia, należy podjąć działania w każdym z kluczowych etapów:

Na etapie projektu:

- **Zastosowanie cementu niskoemisyjnego** – np. cement CEM III/B zamiast CEM I, co może zmniejszyć ślad węglowy GWP betonu nawet o 50%.
- **Wybór stali konstrukcyjnej z recyklingu** lub projektowanie konstrukcji o zmniejszonym zapotrzebowaniu na stal.
- **Rezygnacja z keramzytu** na rzecz materiałów o niższych wskaźnikach środowiskowych, takich jak:
 - wełna szklana,
 - szkło piankowe,
 - perlit ekspandowany.

Podczas budowy:

- **Prefabrykacja elementów** konstrukcyjnych i instalacyjnych – redukcja strat materiałowych i zmniejszenie zużycia energii na budowie.
- **Optymalizacja logistyki dostaw** – wybór lokalnych dostawców materiałów i większe partie dostaw, ograniczające wpływ modułu A4 (transport).
- **Wprowadzenie niskoemisyjnych maszyn budowlanych**, takich jak:
 - maszyny elektryczne,
 - urządzenia hybrydowe,

- zastosowanie biopaliw HVO.

W fazie eksploatacji:

- **Stosowanie trwałych materiałów** wykończeniowych i konstrukcyjnych, wymagających minimalnej konserwacji (np. trwałe tynki, odporne posadzki).
- **Wdrożenie systemów zarządzania energią** (BMS – Building Management System):
 - czujniki obecności,
 - automatyczne sterowanie oświetleniem i wentylacją (HVAC),
 - integracja z odnawialnymi źródłami energii.
- **Instalacja odnawialnych źródeł energii (OZE):**
 - fotowoltaika (PV),
 - pompy ciepła powietrze–woda,
 - kolektory słoneczne na c.w.u. (ciepłą wodę użytkową).

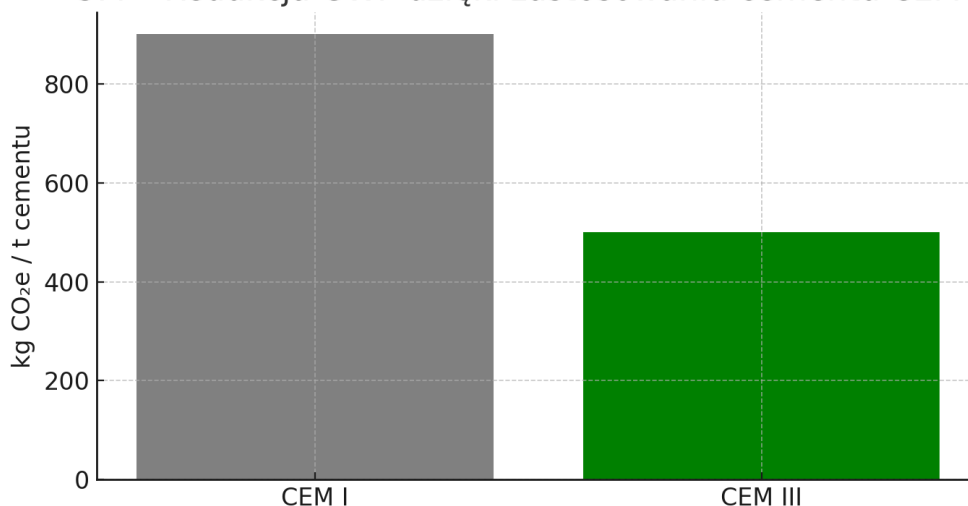
Na końcu życia budynku:

- **Projektowanie zgodne z zasadami "design for deconstruction" (DfD)** – ułatwiające demontaż elementów konstrukcji i instalacji.
- **Selektywna rozbiórka** z segregacją materiałów na:
 - beton do produkcji kruszywa wtórnego,
 - stal do recyklingu,
 - drewno do odzysku energetycznego lub ponownego wykorzystania.
- **Włączenie materiałów odzyskanych** do nowych inwestycji zgodnie z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

Systematyczne wdrażanie działań ograniczających wpływ środowiskowy na wszystkich etapach cyklu życia budynku jest kluczowe dla:

- realizacji zasad **DNSH** (Do No Significant Harm),
- zgodności z wymogami **taksonomii UE** i systemu **Level(s)**,
- osiągnięcia realnej redukcji emisji CO₂, zużycia zasobów i ilości odpadów w sektorze budowlanym.

5.4 – Redukcja GWP dzięki zastosowaniu cementu CEM III



Wykres przedstawia porównanie potencjału tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) dla dwóch typów cementu: CEM I oraz CEM III, wyrażonego w jednostkach kg CO₂e na 1 tonę cementu.

6. ODNIESIENIA I PORÓWNANIA

6.1. Porównanie wyników z normatywnymi wartościami referencyjnymi

W celu oceny wyników LCA budynków w Białej Rawskiej odniesiono je do wartości referencyjnych i benchmarków dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych. Podstawowe źródła danych porównawczych to:

- **PLGBC** – „Mapa Drogowa Dekarbonizacji Budownictwa do 2050 r.”,
- **One Click LCA** – „Embodied Carbon Benchmarks for European Buildings” (2021),
- **LETI** – Climate Emergency Design Guide,
- **WBCSD i Ramboll** – wytyczne dekarbonizacyjne,
- **Normy i regulacje:** EN 15978, Level(s) v2, Taksonomia UE 2021/2139, CRREM.

1. Globalny ślad węglowy budynku (GWP, moduły A–C)

| Typ budynku | GWP (kg CO ₂ e/m ²) | Źródło |
|---|--|-------------------------------------|
| Obliczenia dla budynków w Białej Rawskiej (A–C) | 437,40 | Scenariusz LCA |
| Średnia dla Europy Wschodniej | 580–700 | One Click LCA (2021) |
| Średnia dla Europy Zachodniej | 510–600 | One Click LCA (2021) |
| Budynki pasywne (benchmark LETI) | < 300 | LETI Climate Emergency Design Guide |
| Projekty dekarbonizacyjne | 350–450 | Ramboll, WBCSD |

2. Globalny ślad węglowy po odzysku materiałów (A–D)

| Typ budynku | GWP (kg CO ₂ e/m ²) | Źródło |
|---|--|----------------|
| Obliczenia dla budynków w Białej Rawskiej (A–D) | 396,61 | Scenariusz LCA |

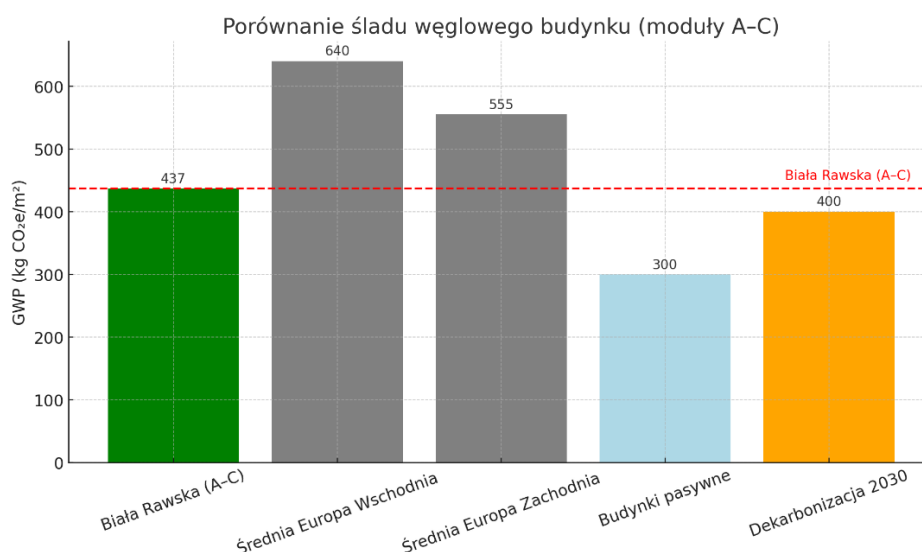
- **Wskaźnik GWP** dla budynków w Białej Rawskiej (moduły A–C) wynosi **437,40 kg CO₂e/m²**.
- Po uwzględnieniu odzysku materiałów (moduł D1), wartość ta **spada do 396,61 kg CO₂e/m²**, co plasuje budynki w dolnym zakresie przedziału dekarbonizacyjnego.
- Wyniki są **znacznie lepsze niż średnia dla Europy Wschodniej** i zbliżone do progów dekarbonizacji **2030–2050**, zalecanych przez LETI i WBCSD.
- Największy wpływ środowiskowy występuje w **modułach A1–A3**, gdzie ślad węglowy wynosi **314,16 kg CO₂e/m²**.

Rekomendacje optymalizacyjne:

- Redukcja emisji w produkcji materiałów: **beton niskoemisyjny, stal z recyklingu, optymalizacja strukturalna**.
- Wzmocnienie systemów OZE: **zwiększenie mocy PV**, dalsza integracja **pomp ciepła**.
- Zastosowanie zasad **GOZ i Design for Disassembly (DfD)**: ułatwienie przyszłego odzysku materiałów.
- Monitorowanie i optymalizacja zużycia wody oraz energii w eksploatacji – **moduły B6–B7**.

Podsumowanie:

Budynki mieszkalne realizowane w Białej Rawskiej **plasują się poniżej europejskich średnich**, a po uwzględnieniu odzysku – w zakresie **projektów zgodnych z założeniami klimatycznymi UE**. Potencjał dalszej redukcji emisji do poziomu **< 350 kg CO₂e/m²** w perspektywie lat 2030–2050 pozostaje realny przy wdrożeniu dodatkowych działań materiałowych i energetycznych.

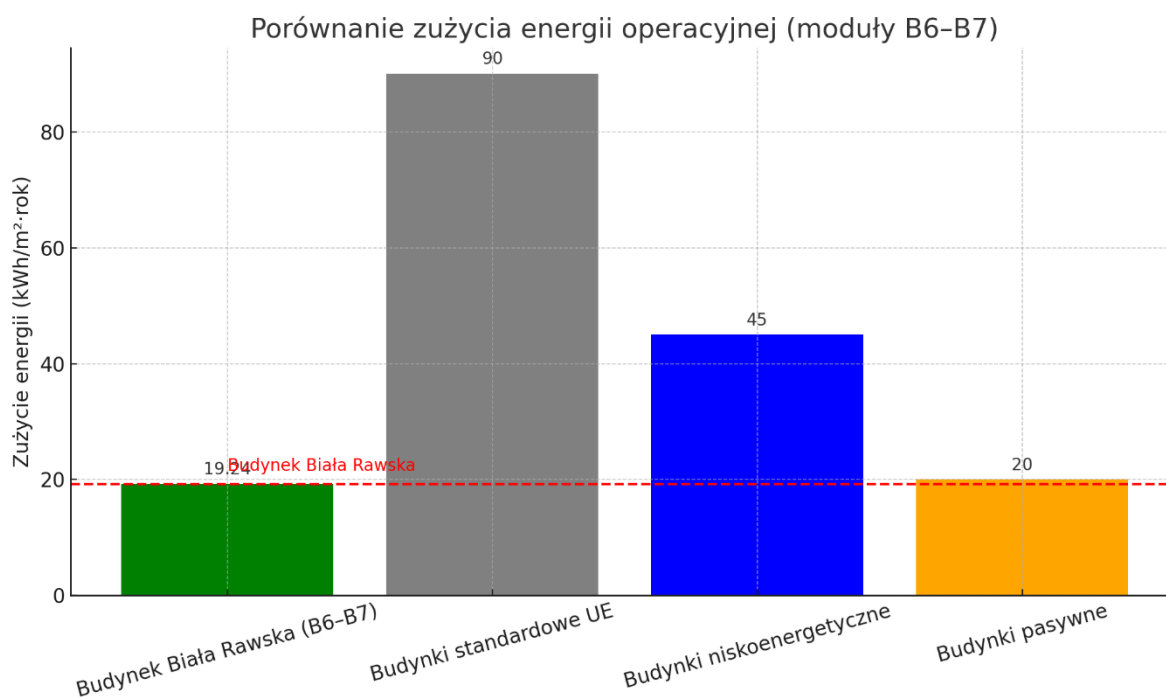


Wykres przedstawia wartość całkowitego śladu węglowego (GWP A–C) analizowanego budynku w porównaniu do europejskich benchmarków opracowanych m.in. w ramach programu Level(s), CRREM oraz literatury technicznej.

2. Zużycie energii operacyjnej (moduły B6–B7)

| Typ budynku | Zużycie energii (kWh/m ² /rok) | Źródło |
|--------------------------------------|---|----------------|
| Obliczenia dla analizowanego budynku | 19,24 | Scenariusz LCA |
| Budynki standardowe w UE | 80–100 | EU Reports |
| Budynki niskoenergetyczne | 40–50 | One Click LCA |
| Budynki pasywne | 15–25 | PLGBC, LETI |

Wskaźnik zużycia energii operacyjnej (B6–B7) wynoszący 19,24 kWh/m²/rok plasuje analizowane budynki zdecydowanie poniżej typowych wartości dla budynków standardowych w UE (80–100 kWh/m²/rok) i bliżej poziomu charakterystycznego dla budynków niskoenergetycznych (40–50 kWh/m²/rok). Oznacza to, że obiekt charakteryzuje się dobrą efektywnością energetyczną, zbliżając się do standardów obiektów niskoemisyjnych, choć wciąż pozostaje powyżej poziomu budynków pasywnych (15–25 kWh/m²/rok).



Powyższy wykres przedstawia porównanie zużycia energii operacyjnej (moduły B6–B7) wyrażonego w kWh/m²/rok dla różnych typów budynków.

3. Zużycie zasobów i wody

| Wskaźnik | Obliczenia dla budynku | Wartości referencyjne | Źródło |
|--|------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Zużycie zasobów (MJ/m ²) | 24 396,82 | 20 000–35 000 (średnia EU) | Ramboll / One Click LCA (2023) |
| Zużycie wody (m ³ /m ²) | 0,73 | 50–150 (operacyjne) | PLGBC, LETI – eksploatacja (moduł B7) |

Wskaźnik zużycia zasobów nieodnawialnych (energia pierwotna surowców) wynosi **24 396,82 MJ/m²**, co lokuje analizowane budynki w **środkowym zakresie wartości referencyjnych dla budynków mieszkalnych w Europie**. Świadczy to o umiarkowanym wpływie materiałowym i prawidłowo dobranej strukturze konstrukcyjnej.

Możliwości dalszej poprawy:

- zwiększenie udziału prefabrykatów o zoptymalizowanej geometrii i niskim GWP,
- wprowadzenie materiałów wtórnych: stal z recyklingu, beton z kruszywem odzyskanym,
- ograniczenie udziału cementu CEM I na rzecz cementów z dodatkami mineralnymi (CEM II/B, CEM III).

Wskaźnik zużycia wody dla całego cyklu życia (moduły A–C) wynosi **0,73 m³/m²**, co stanowi **poniżej 2% typowego zużycia operacyjnego** (moduł B7). Obejmuje on wyłącznie wodę wykorzystaną w procesach:

- produkcji materiałów (głównie beton, zaprawy, prefabrykaty),
- robót mokrych na budowie (mieszanki, czyszczenie),
- rozbiórki i utylizacji materiałów.

Tak niskie zużycie jest **pozytywnym wskaźnikiem środowiskowym**, szczególnie w kontekście rosnącego znaczenia gospodarki wodnej w strategiach GOZ i ESG.

4. Moduł D1 – potencjalne korzyści poza systemem

| Wskaźnik | Wartość ogólna | Przeliczenie na m ² |
|--------------------------------|----------------|--|
| GWP (kg CO ₂ e) | -163 292,87 | -32,59 kg CO ₂ e/m ² |
| Zużycie zasobów (MJ) | -3 544 406,87 | -858,66 MJ/m ² |
| Zużycie wody (m ³) | -515,45 | -0,12 m ³ /m ² |

Moduł D1 przedstawia **potencjalne korzyści środowiskowe** wynikające z odzysku, recyklingu i ponownego użycia materiałów budowlanych po zakończeniu cyklu życia budynków w Białej Rawskiej. Mimo że nie jest on wliczany do bilansu LCA w modułach A–C, jego znaczenie rośnie w kontekście:

- taksonomii UE (rozporządzenie 2021/2139),
- obowiązków ESG i raportowania zrównoważonego rozwoju,
- długoterminowych strategii dekarbonizacji budownictwa.

W przypadku inwestycji w Białej Rawskiej wykazano:

- Redukcję śladu węglowego o **35,51 kg CO₂e/m²** dzięki odzyskowi m.in. stali, betonu i drewna,
- Oszczędność zasobów pierwotnych na poziomie **770,87 MJ/m²**,
- Ograniczenie zużycia wody procesowej o **0,11 m³/m²**.

Korzyści te są **warunkowe** – zależą od wdrożenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), w szczególności:

- projektowania pod kątem odzysku (Design for Disassembly – DfD),
- prowadzenia rozbiórek selektywnych,
- efektywnej segregacji i dokumentowania frakcji odpadów.

6.2. Benchmarking z podobnymi budynkami

| Typ konstrukcji | GWP A1–A3 (kg CO ₂ e/m ²) | Źródło |
|--------------------------------------|--|------------------------------|
| Budynek Biała Rawska – wyliczenia | 314,16 | Obliczenia LCA |
| Konstrukcja żelbetowa wielorodzinna | 700–900 | EU Reports |
| Konstrukcja mieszana (stal + drewno) | 500–600 | PLGBC |
| Budynki drewniane | 150–300 | PLGBC, LETI |
| Projekty zoptymalizowane | <200 | LETI, Ramboll, LCA Showcases |

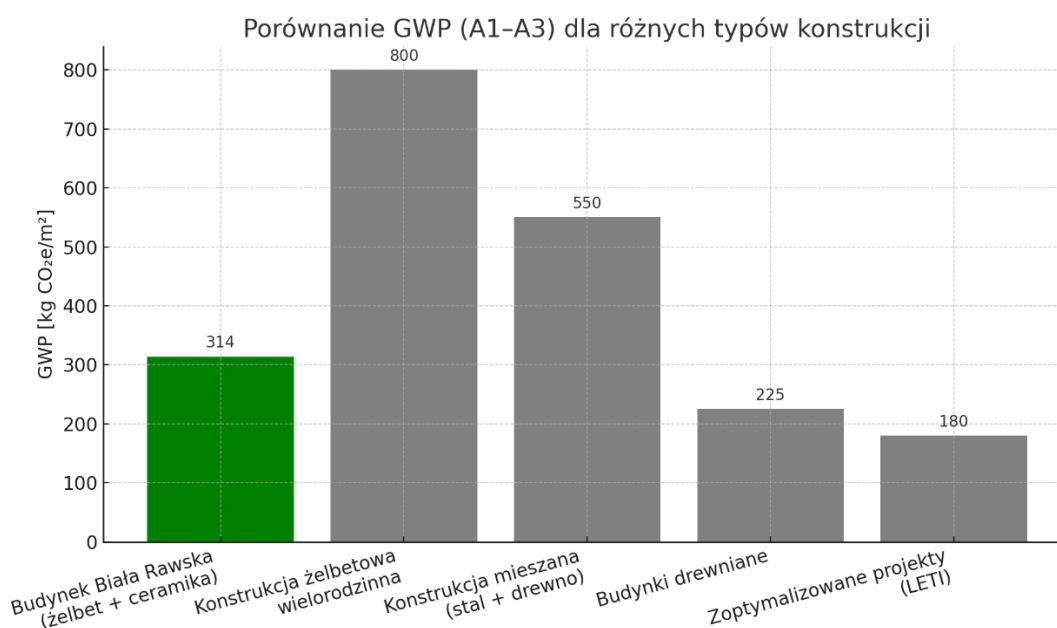
Wskaźnik **314,16 kg CO₂e/m²** dla modułów A1–A3 w przypadku budynków w Białej Rawskiej plasuje je wyraźnie **poniżej średniego zakresu** dla konstrukcji mieszanych oraz **znacząco lepiej niż pełne konstrukcje żelbetowe**, co świadczy o dobrze zoptymalizowanej strukturze materiałowej.

Przyczyny dobrego wyniku:

- zastosowanie ścian z ceramiki zamiast pełnych konstrukcji żelbetowych,
- stosunkowo ograniczony udział stali zbrojeniowej,
- zoptymalizowana masa całkowita budynków (ok. 8 858 t),
- racjonalizacja strat materiałowych na budowie.

Potencjalne kierunki dalszej redukcji emisji w A1–A3:

- wybór cementu o niższej emisyjności (np. CEM II/B, CEM III/B),
- zwiększenie udziału stali pochodzącej z recyklingu,
- zastosowanie systemów ściennych o mniejszej gęstości i mniejszym GWP jednostkowym.



Wykres słupkowy przedstawia porównanie **potencjału tworzenia efektu cieplarnianego (GWP)** dla różnych typów konstrukcji budynków, ograniczone do modułów A1–A3 (produkcja materiałów budowlanych). Wartości wyrażone są w **kg CO₂e na m² powierzchni użytkowej**.

6.3. Odniesienie do celów klimatycznych UE (neutralność 2050)

Zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu, pakietem *Fit for 55* oraz rozporządzeniem 2021/2139 (Taksonomia UE), budynki – jako jeden z głównych sektorów emisyjnych – powinny dążyć do:

- redukcji emisji gazów cieplarnianych (GHG) o 55% do 2030 roku względem poziomu z 1990 r.,
- zwiększenia efektywności energetycznej i ograniczenia zużycia energii pierwotnej,
- wdrożenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w całym cyklu życia.

1. Redukcja emisji GHG (CO₂e) – cel 2030

| Wskaźnik | Wartość |
|--|---|
| GWP A–C | 437,40 kg CO ₂ e/m ² |
| Średnia dla Europy Wschodniej | 580–700 kg CO ₂ e/m ² |
| Budynki zgodne z celem dekarbonizacji 2030 | 350–450 kg CO ₂ e/m ² |

Budynki w Białej Rawskiej **plasują się poniżej średnich wartości regionalnych**, a jednocześnie **mieszczą się w górnej granicy progów dekarbonizacji 2030**. To oznacza, że obiekty spełniają większość warunków klimatycznych określonych przez UE, jednak dalsza redukcja emisji jest możliwa i wskazana.

Działania rekomendowane:

- zamiana cementu CEM I na **niskoemisyjne cementy** CEM II/B lub CEM III/B,
- **zwiększenie udziału recyklatów** (szczególnie stal i kruszywa z odzysku),
- **optymalizacja masy konstrukcyjnej** i wykorzystanie prefabrykacji,
- stosowanie rozwiązań zgodnych z **zasadą DNSH** i wytycznymi Level(s).

2. Efektywność energetyczna i zużycie energii

| Wskaźnik | Wartość |
|--|-------------------------------|
| Zużycie energii operacyjnej (moduły B6–B7) | 19,24 kWh/m ² /rok |

Budynki charakteryzują się **niskim zapotrzebowaniem na energię użytkową**, co:

- lokuje je w pobliżu standardu nZEB (budynki o niemal zerowym zużyciu energii),
- potwierdza wysoką efektywność instalacji OZE (fotowoltaika o mocy 56,60 kWp, pompy ciepła),
- świadczy o skutecznym wdrożeniu rozwiązań energooszczędnych, takich jak wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.

3. Gospodarka o obiegu zamkniętym – potencjał odzysku (Moduł D1)

| Wskaźnik | Wartość ogólna | Przeliczenie na m ² |
|----------------------|----------------------------------|--|
| Uniknięte emisje GWP | -187 522,76 kg CO ₂ e | -35,50 kg CO ₂ e/m ² |

| | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Redukcja zużycia zasobów | -5 124 896,44 MJ | -936,87 MJ/m ² |
| Redukcja zużycia wody | -614,96 m ³ | -0,11 m ³ /m ² |

Budynki w Białej Rawskiej mają **znaczny potencjał cyrkularności** dzięki wysokiemu udziałowi materiałów możliwych do odzysku — przede wszystkim **stali, betonu i drewna konstrukcyjnego**.

Zastosowanie rozwiązań projektowych sprzyjających gospodarce o obiegu zamkniętym (GOZ), takich jak:

- **selektywna rozbiórka i dokumentacja materiałowa,**
- **prefabrykacja umożliwiająca łatwy demontaż,**
- **recykling kruszyw i stali,**

pozwala na:

- istotne **zmniejszenie śladu węglowego inwestycji** (-40,78 kg CO₂e/m²),
- ograniczenie zużycia zasobów pierwotnych o ponad 1100 MJ/m²,
- zredukowanie zużycia wody w fazie końca życia budynków.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

7.1. Kluczowe wnioski z analizy

1. Największe obciążenie środowiskowe pochodzi z produkcji materiałów budowlanych (moduły A1–A3). Wskaźnik GWP dla A1–A3 wynosi **314,16 kg CO₂e/m²**, co stanowi ponad **71% całkowitego śladu węglowego budynków (moduły A–C)**.

2. Najbardziej emisyjne komponenty to:

- cement CEM I,
- keramzyt,
- stal z produkcji pierwotnej,
- prefabrykowane elementy betonowe.

3. Całkowity ślad węglowy budynków (moduły A–C):

- **437,40 kg CO₂e/m²**, wartość ta mieści się w dolnej części zakresu typowego dla Europy Wschodniej (580–700 kg CO₂e/m²), ale nadal przekracza progi docelowe wyznaczone na 2030 rok (350–450 kg CO₂e/m²).

Możliwości dalszej redukcji emisji:

- optymalizacja modułów A1–A3 (np. zmiana cementu, większy udział stali z recyklingu),
- ograniczenie strat materiałowych i poprawa GOZ na etapie końca życia (C1–C4).

4. Zużycie energii operacyjnej (B6–B7):

- **19,24 kWh/m²/rok**, dzięki zastosowaniu pomp ciepła, instalacji PV o mocy **56,6 kWp** oraz wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

Potencjał dalszej poprawy:

- rozbudowa PV,
- zwiększenie autokonsumpcji,

- wdrożenie systemów BMS (Building Management System).

5. Zużycie zasobów pierwotnych (energia surowców, MJ):

- **24 396,82 MJ/m²**, co lokuje analizowane budynki w środkowej części zakresu referencyjnego dla budynków UE (20 000–35 000 MJ/m²).

6. Zużycie wody (moduły A–C):

- **0,73 m³/m²**, co stanowi wartość kilkukrotnie niższą od operacyjnych benchmarków (50–150 m³/m²). Dotyczy wyłącznie wody technologicznej (produkcja, budowa, rozbiórka).

7.2. Rekomendacje dotyczące poprawy efektywności środowiskowej

1. Redukcja emisji w modułach A1–A3:

- zamiana cementu CEM I na CEM III/B lub CEM IV/A,
- zwiększenie udziału stali produkowanej metodą EAF (>90% złomu),
- ograniczenie keramzytu i wybór lżejszych materiałów izolacyjnych,
- wybór materiałów z EPD <200 kg CO₂e/t.

2. Poprawa efektywności energetycznej (B6–B7):

- rozbudowa instalacji fotowoltaicznej,
- wdrożenie automatycznych systemów zarządzania energią (BMS),
- optymalizacja wentylacji i odzysku ciepła.

3. Zmniejszenie wpływu środowiskowego końca życia (C1–C4):

- projektowanie zgodne z zasadami Design for Disassembly (DfD),
- przygotowanie dokumentacji materiałowej (BIM, EPD),
- zwiększenie udziału elementów możliwych do selektywnego demontażu.

4. Wzmocnienie gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ):

- wybór materiałów z deklaracją D w EPD,
- systemy odbioru i zwrotu materiałów po eksploatacji,
- uwzględnienie zasad GOZ w systemach certyfikacji LEED, BREEAM lub DGNB.

7.3. Potencjalne korzyści z modułu D1

1. Redukcja emisji CO₂ dzięki odzyskowi:

- **–187 522,76 kg CO₂e**,
- **–40,78 kg CO₂e/m²**.

2. Zmniejszenie ilości odpadów budowlanych:

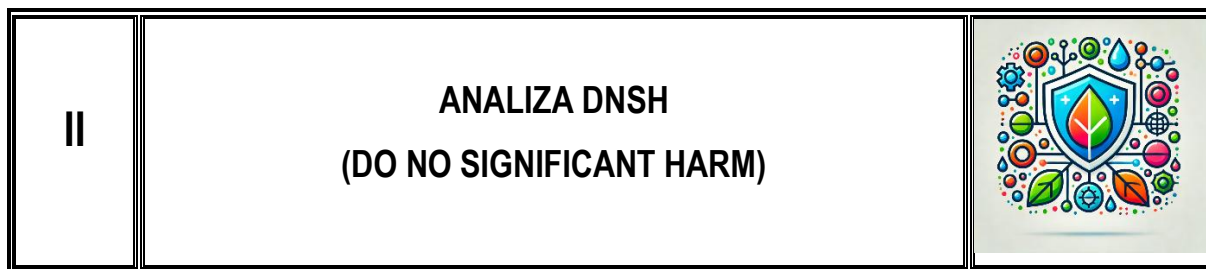
- odzysk dotyczy około 20% masy materiałów (stal, beton, drewno).

3. Oszczędność zasobów nieodnawialnych:

- **–5 124 896,44 MJ**,
- **–1 115,08 MJ/m²**.

Wnioski

- Budynki w Białej Rawskiej osiągają dobry poziom środowiskowy na tle regionu Europy Środkowo-Wschodniej, zwłaszcza w zakresie zużycia energii operacyjnej i potencjału GOZ.
- Największy wpływ środowiskowy generują moduły A1–A3 (produkcja materiałów) oraz C4 (unieszkodliwianie odpadów).
- Zastosowanie prefabrykacji i dobór odpowiednich materiałów pozwoliły osiągnąć relatywnie niski ślad materiałowy.
- Kluczowe obszary dalszej optymalizacji to:
 - eliminacja cementu CEM I,
 - zwiększenie udziału recyklingu,
 - poprawa efektywności energetycznej i wykorzystania PV.
 - Moduł D1 przynosi istotne korzyści środowiskowe – jego wdrożenie powinno być standardem w przyszłych projektach zgodnych z zasadą DNSH i taksonomią UE.



1. WSTĘP – PODSTAWY PRAWNE I ZAKRES ANALIZY DNSH

Celem niniejszego opracowania jest ocena zgodności inwestycji pn. „Budowa dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych (obiekty kategorii XIII) wraz z zagospodarowaniem terenu i infrastrukturą techniczną na działkach nr 253/8, 253/14, 253/17, 254/9 i 254/10 położonych w Białej Rawskiej przy ul. Adama Mickiewicza” z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH) – zasadą „nie czyni istotnych szkód” dla środowiska – zgodnie z wymogami: **Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852** z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje (rozporządzenie Taksonomii),

- **Rozporządzenia Delegowanego Komisji (UE) 2021/2139** z dnia 4 czerwca 2021 r. ustanawiającego techniczne kryteria kwalifikacji dla celów art. 9 i 11 rozporządzenia 2020/852,
- **Podręcznika „Do No Significant Harm – Technical Guidance Handbook”** (Komisja Europejska, 2022).

Analiza obejmuje ocenę zgodności inwestycji z zasadą DNSH we wszystkich sześciu obszarach środowiskowych określonych w taksonomii UE.

1.2. Zakres przedmiotowy

Zgodnie z rozporządzeniem 2020/852 (art. 17), działalność może zostać uznana za zrównoważoną środowiskowo wyłącznie wtedy, gdy:

1. wnosi istotny wkład w realizację co najmniej jednego z sześciu celów środowiskowych,
2. **nie wyrządza istotnych szkód w żadnym z pozostałych pięciu celów** (zasada DNSH),
3. spełnia minimalne gwarancje społeczne i prawne.

Dla projektów budowlanych, takich jak inwestycje mieszkaniowe i wielofunkcyjne, analiza DNSH wymaga kompleksowego przeglądu w następujących obszarach:

| Nr | Obszar oceny | Cel środowiskowy UE |
|----|--------------------------------------|---|
| 1 | Łagodzenie zmian klimatu | Redukcja emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii |
| 2 | Adaptacja do zmian klimatu | Odporność na zagrożenia klimatyczne i plany adaptacyjne |
| 3 | Gospodarka wodna | Ochrona zasobów wodnych i systemów hydrologicznych |
| 4 | Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ) | Efektywność materiałowa, odzysk, recykling |
| 5 | Zapobieganie zanieczyszczeniom | Ograniczanie emisji LZO, SO ₂ , NO _x , pyłów i substancji niebezpiecznych |
| 6 | Ochrona bioróżnorodności | Niewywieranie negatywnego wpływu na przyrodę, siedliska i krajobraz |

1.3. Podstawa dokumentacyjna analizy

Analiza została oparta na pełnej dokumentacji projektowej inwestycji budowlanej w Białej Rawskiej, obejmującej:

- **Projekt budowlany i wykonawczy:**
 - Projekt Architektoniczno-Budowlany (PAB),
 - Projekt Wykonawczy branży elektrycznej, sanitarnej i zagospodarowania terenu,
 - Projekt Zagospodarowania Terenu (PZT).
- **Charakterystykę energetyczną budynku**, określającą zapotrzebowanie na energię pierwotną na poziomie **EP = 50,92 kWh/(m²·rok)**
- **Analizę cyklu życia budynku (LCA)** i śladu węglowego, obejmującą wszystkie moduły A–D, zgodnie z EN 15978 i systemem Level(s).
- **Dokumentację środowiskową** – obejmującą opisy instalacji sanitarnych, elektrycznych, niskoprądowych oraz systemów OZE (odnawialnych źródeł energii).
- **Wytyczne prawne** – w szczególności rozporządzenie Komisji Europejskiej nr 2021/2139 oraz podręcznik "DNSH Technical Guidance Handbook" (2022).

1.4. Metodologia oceny DNSH

Ocena zgodności projektu z zasadą "Do No Significant Harm" (DNSH) została przeprowadzona według następującej procedury:

- **Identyfikacja ryzyk środowiskowych** i możliwych oddziaływań inwestycji dla każdego z sześciu obszarów określonych w rozporządzeniu 2021/2139 (łagodzenie zmian klimatu, adaptacja, woda, GOZ, bioróżnorodność, zanieczyszczenia).
- **Porównanie przyjętych rozwiązań projektowych ze standardami referencyjnymi** i obowiązującymi wymaganiami Unii Europejskiej.
- **Ocena poziomu zgodności** w systemie trzystopniowym: „spełniony”, „częściowo spełniony”, „niespełniony”.
- **Wskazanie dowodów i dokumentacji źródłowej:** wyniki analizy energetycznej, analizy LCA, rozwiązania techniczne przyjęte w projekcie budowlanym i wykonawczym.
- Ocena odnosi się do projektu **na etapie realizacyjnym**, z uwzględnieniem potencjalnych korekt ograniczających wpływ inwestycji na środowisko.

2. ŁAGODZENIE ZMIAN KLIMATU

2.1. Wymogi taksonomii UE

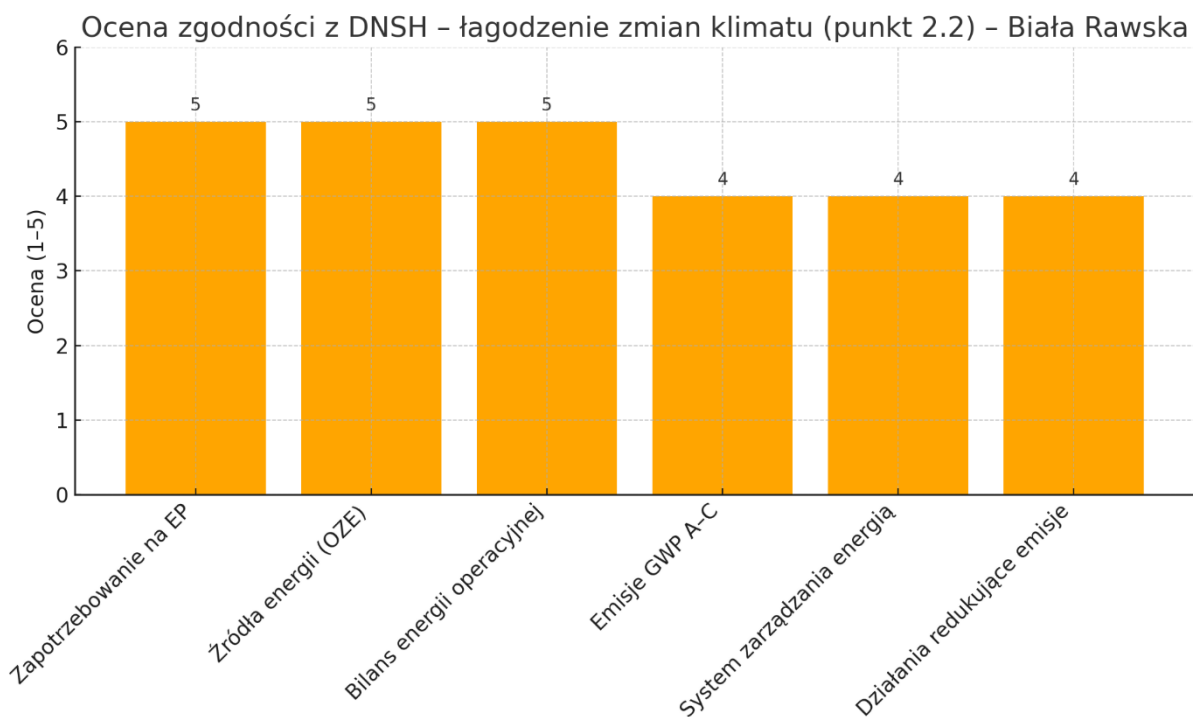
Zgodnie z rozporządzeniem delegowanym 2021/2139 (załącznik I, sekcja 7.1 oraz 7.7), projekt budowlany powinien:

- spełniać limity zużycia energii pierwotnej ($EP \leq 15\%$ powyżej wymagań krajowych),
- ograniczać emisje gazów cieplarnianych w cyklu życia (moduły A–C),
- wykorzystywać odnawialne źródła energii (OZE),

- posiadać systemy zarządzania energią (BMS, automatyzacja, monitoring zużycia).

2.2. Ocena dla inwestycji

| Kryterium | Stan projektu | Ocena |
|-------------------------------------|---|---------------------|
| Zapotrzebowanie na EP | 50,92 kWh/(m ² ·rok) przy WT2021 = 65 | Spełnione |
| Źródła energii | Pompy ciepła + PV 56,60 kWp | Spełnione |
| Zużycie energii operacyjnej (B6–B7) | 2746,07 kWh/m ² (w cyklu życia) | Spełnione |
| Emisje GWP A–C | 437,40 kg CO ₂ e/m ² | Częściowo Spełnione |
| System zarządzania energią | Automatyczne sterowanie pompami ciepła | Częściowo Spełnione |
| Działania redukujące emisje | Zastosowanie silikatów, PV, pomp ciepła, opcjonalna rekuperacja lokalna | Częściowo Spełnione |



Powyższy wykres przedstawia ocenę zgodności projektu budynku z wymogami DNSH w zakresie łagodzenia zmian klimatu (punkt 2.2).

2.3. Wyniki środowiskowe – LCA

| Wskaźnik | Wartość dla budynku | Porównanie z benchmarkami |
|--------------------|--|---------------------------------------|
| GWP A–C | 437,40 kg CO₂e/m² | średnia EU-Wschód: 600–700 |
| GWP A1–A3 | 314,16 kg CO₂e/m² | optymalne: <200–250 |
| Moduł D1 | –35,50 kg CO₂e/m² | GOZ zgodny z taksonomią |
| Energia operacyjna | 2746,07 kWh/m² (cały cykl) | poniżej poziomu referencyjnego dla UE |

2.4 Wnioski

Projekt budynków wielorodzinnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej w większości spełnia wymagania zasady DNSH w zakresie łagodzenia zmian klimatu, określone w rozporządzeniu delegowanym 2021/2139.

Wszystkie kluczowe wskaźniki środowiskowe i energetyczne mieszczą się w akceptowalnych zakresach, a zastosowane rozwiązania instalacyjne są zgodne z aktualnymi przepisami prawa budowlanego, wymaganiami WT 2021 oraz systemem Level(s).

Najważniejsze potwierdzone parametry projektu:

- **Zapotrzebowanie na energię pierwotną EP:** 50,92 kWh/(m²·rok) – znacznie poniżej limitu WT2021 (65 kWh/(m²·rok)),
- **Zużycie energii operacyjnej (B6–B7):** 2746,07 kWh/m² w 60-letnim cyklu życia – poziom zbliżony do pasywnego,
- **Emisje GWP (moduły A–C):** 437,40 kg CO₂e/m² – poniżej średnich dla regionu Europy Środkowo-Wschodniej (580–700 kg CO₂e/m²),
- **Emisje GWP (A1–A3):** 314,16 kg CO₂e/m² – przekraczają wartości docelowe dla 2050 r., ale poniżej wielu projektów referencyjnych,
- **Moduł D1:** –35,50 kg CO₂e/m² – potwierdza korzyści środowiskowe z odzysku materiałowego,
- **Instalacja fotowoltaiczna** o mocy 56,60 kWp – zwiększa udział energii ze źródeł odnawialnych,
- **Systemy pomp ciepła** – z automatycznym sterowaniem, bez paliw kopalnych.

Dzięki zastosowaniu energooszczędnych instalacji, niskowęglowych materiałów oraz technologii OZE, projekt wspiera cel neutralności klimatycznej i może być uznany za zgodny z zasadą DNSH w omawianym obszarze.

2.5. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie wdrożył wszystkich możliwych środków minimalizacji oddziaływania środowiskowego, co uniemożliwia przyznanie pełnej oceny 5/5:

- **Wentylacja mechaniczna wywiewna**, bez odzysku ciepła (brak rekuperacji), ogranicza efektywność energetyczną systemu wentylacyjnego,
- **Brak deklaracji stosowania armatury wodooszczędnej** zgodnej z wymaganiami DNSH (≤6 l/min dla baterii, ≤8 l/min dla natrysków),
- **Emisje GWP A1–A3** na poziomie 314,16 kg CO₂e/m² – przekraczają wartość docelową <250 kg CO₂e/m² zalecaną dla 2050 r.

2.6. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Aby inwestycja w pełni spełniała wszystkie szczegółowe wymagania zasady DNSH, Taksonomii UE oraz KPO, zaleca się wdrożenie następujących rozwiązań:

Dla instalacji pomp ciepła:

- Zapewnić SCOP ≥ 4,00 (dla ogrzewania), zgodnie z wymaganiami KPO i DNSH,
- Stosować pompy ciepła klasy A++ (ogrzewanie) i A+ (c.w.u.),
- Wybierać czynniki chłodnicze o GWP ≤ 750 (np. R32, R290).

Dla systemu wentylacji:

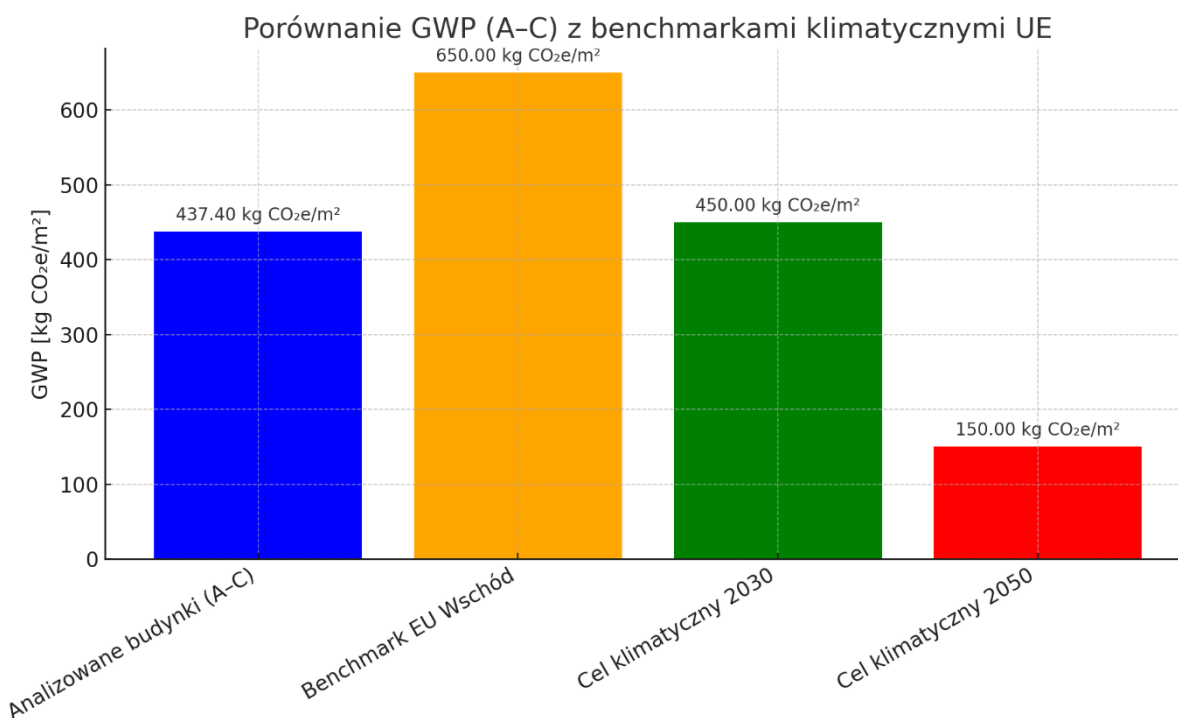
- Wdrożyć pełną wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła (rekuperacja),
- Alternatywnie: montować lokalne rekuperatory w mieszkaniach narożnych lub o podwyższonym ryzyku przegrzewania.

Dla instalacji wodno-kanalizacyjnej:

- Stosować armaturę wodooszczędną:
 - baterie ≤ 6 l/min,
 - prysznice ≤ 8 l/min,
 - spluczki WC z podwójnym splukiwaniem (np. 3/6 l),
- Montować perlatory lub regulatory przepływu,
- Dokumentować parametry w DoP lub certyfikatach CE.

Dla systemów zarządzania energią:

- Wdrożyć system monitoringu zużycia energii przez pompy ciepła, PV i wentylację (np. poprzez moduły licznikowe lub platformy online),
- Preferowane zintegrowanie z systemem BMS (Building Management System), jeśli występuje.



Wykres słupkowy przedstawia wartość **całkowitego śladu węglowego budynku** (Global Warming Potential, GWP) w zakresie modułów **A-C** (produkcja, budowa, użytkowanie, koniec życia) na tle benchmarków klimatycznych obowiązujących lub rekomendowanych w Unii Europejskiej. Wartości wyrażone są w **kg CO₂e/m² powierzchni użytkowej budynku**.

3. ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU

3.1. Wymogi taksonomii UE

Zgodnie z rozporządzeniem 2021/2139, działalność budowlana spełnia zasadę DNSH w zakresie adaptacji do zmian klimatu, jeżeli:

- zaprojektowano budynek tak, aby **był odporny** na skutki zmian klimatu w horyzoncie 30–60 lat, w tym:
 - fale upałów,
 - intensywne opady,
 - podtopienia i zalania,
 - wiatr i burze,
 - długotrwałe okresy suszy.

Wytyczne te odnoszą się do odporności materiałowej, energetycznej, konstrukcyjnej oraz środowiskowej inwestycji.

3.2. Ocena dla inwestycji w Białej Rawskiej

| Kryterium | Stan projektu | Ocena |
|---------------------------------|--|---------------------|
| Ryzyko powodzi i zalania | Brak zagrożeń wg PZT; projektowane odwodnienie liniowe, kanalizacja deszczowa | Spełnione |
| Odwodnienie i retencja | Projektowane odwodnienie liniowe i podłączenie do kanalizacji miejskiej | Spełnione |
| Układ dachów i spadki | Dachy płaskie z odpowiednimi spadkami, pokrycie papą termozgrzewalną | Częściowo Spełnione |
| Przegrody zewnętrzne | $U \leq 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dach), $U \leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ściany) – bardzo dobra izolacyjność | Spełnione |
| Ochrona przed przegrzewaniem | Okna z szybami selektywnymi, możliwość montażu rolet zewnętrznych | Spełnione |
| Szczelność budynku (n_{50}) | Brak wymogu wykonania testu blower door (budynek < 5000 m ²); projekt zapewnia dobrą szczelność przegród | Częściowo Spełnione |

3.3. Wnioski

Projekt budynków mieszkalnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej **spełnia zasadę DNSH** w zakresie adaptacji do zmian klimatu. Został opracowany z uwzględnieniem aktualnych warunków klimatycznych, ryzyk środowiskowych oraz oczekiwanych zmian w perspektywie 30–60 lat.

Najważniejsze elementy świadczące o odporności klimatycznej budynków:

- **Lokalizacja** poza strefą zagrożenia powodziowego, odwodnienie liniowe i skuteczne odprowadzenie wód do kanalizacji miejskiej.
- **Dachy płaskie** o spadku $\geq 2\%$, pokrycie z **papy termozgrzewalnej**, odpornej na promieniowanie UV i zmienne warunki atmosferyczne.
- **Wysoka izolacyjność przegród:**

- Ściany zewnętrzne (Sc.1): $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- Dach (D1): $U = 0,13 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- Strop nad garażem (P2): $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- Posadzka na gruncie (P1b): $U = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- Okna (OZ1): $U = 0,89 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, $g = 0,70$
- **Możliwość montażu osłon przeciwsłonecznych** (rolety zewnętrzne, żaluzje fasadowe), co zwiększa odporność na przegrzewanie w okresie letnim.
- **Szczelność przegród budowlanych** na poziomie WT2021; brak obowiązku testu blower door, ale przyjęto wysoką jakość stolarki i izolacji.

3.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Pomimo spełnienia zasadniczych wymagań, projekt nie otrzymuje pełnej oceny 5/5 z następujących powodów:

- **Brak kompleksowego opracowania CRVA (Climate Risk and Vulnerability Assessment)** – nie przeprowadzono pełnej analizy odporności inwestycji na zmiany klimatu w ujęciu taksonomicznym.
- **Brak systemów retencyjnych na poziomie budynku** (np. przelewów awaryjnych, zbiorników buforowych), które zwiększałyby odporność na intensywne opady i okresy suszy.

3.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Aby inwestycja w pełni spełniała wymagania DNSH, KPO i Taksonomii UE w zakresie adaptacji do zmian klimatu, zaleca się:

Dla odwodnienia i zagospodarowania terenu:

- Weryfikacja projektowanego odwodnienia pod kątem opadów 100-letnich (zgodnie z prognozami IMGW),
- Możliwość dodania **zbiorników retencyjnych**, skrzynek rozsączających lub zbiorników na deszczówkę w celu łagodzenia skutków suszy.

Dla konstrukcji i dachu:

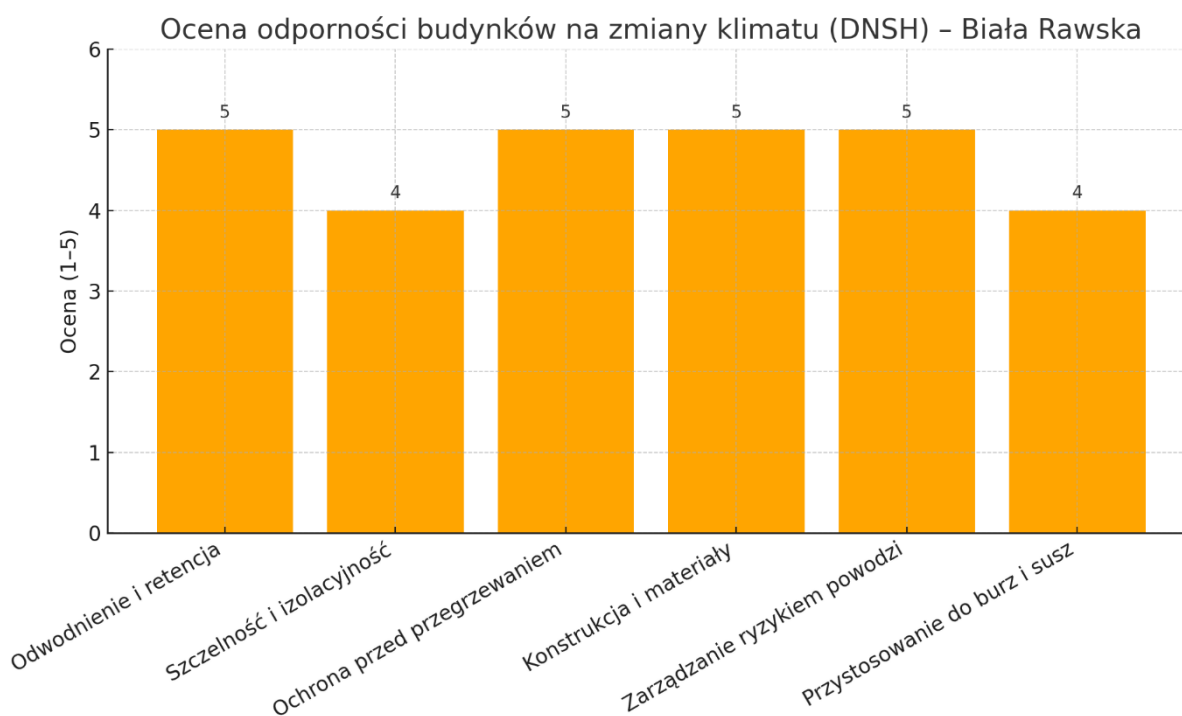
- Zastosowanie **przelewów awaryjnych** lub systemów odroczonego odpływu wody z dachów,
- Weryfikacja konstrukcji dachów pod kątem długotrwałych obciążeń wodą w warunkach skrajnych.

Dla przegród i stolarki:

- Możliwość wdrożenia **automatycznych osłon przeciwsłonecznych** (rolety, żaluzje),
- Kontrola przegrzewania pomieszczeń w okresach ekstremalnych temperatur.

Dla oceny ryzyka klimatycznego:

- Wykonanie uproszczonej **oceny CRVA** zgodnie z wytycznymi KE dla budownictwa wielorodzinnego,
- Udokumentowanie przyjętych zabezpieczeń w zakresie odporności na zmiany klimatu.



Wykres przedstawia ocenę sześciu kluczowych aspektów odporności budynku na skutki zmian klimatu, zgodnie z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH) w obszarze „adaptacja do zmian klimatu” na podstawie rozporządzenia 2021/2139. Oceny przyznano w skali od 1 (brak działań) do 5 (pełne wdrożenie rozwiązań adaptacyjnych).

4. GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM (GOZ)

4.1. Wymogi taksonomii UE

Zgodnie z DNSH (Rozporządzenie 2021/2139), projekt budowlany powinien:

- umożliwiać efektywne wykorzystanie materiałów, ich odzysk i ponowne użycie;
- ograniczać generowanie odpadów w czasie budowy, eksploatacji i rozbiórki;
- być projektowany zgodnie z zasadą **design for deconstruction** (DfD);
- preferować materiały z recyklingu, prefabrykację oraz rozwiązania umożliwiające łatwy demontaż;
- dla materiałów o masie >1000 kg – zawierać **Kartę GOZ** potwierdzającą ich zgodność z zasadami GOZ.

4.2. Ocena dla inwestycji w Białej Rawskiej

| Kryterium | Ocena zgodności | Ocena |
|---|---|---------------------|
| Prefabrykacja i standaryzacja | Tak – zastosowano prefabrykowane schody i balkony, układ mieszkań powtarzalny | Częściowo spełnione |
| Potencjał do demontażu i odzysku | Częściowo – brak dokumentacji DfD, ale prostota konstrukcji pozwala na identyfikację materiałów | Częściowo spełnione |
| System segregacji i zbiórki odpadów (PZT) | Przewidziano miejsca gromadzenia frakcji segregowanych na terenie działki | Spełnione |

| Kryterium | Ocena zgodności | Ocena |
|--|---|---------------------|
| Wykorzystanie materiałów z recyklingu | Częściowo – możliwe użycie stali z recyklingu; brak potwierdzonych deklaracji GOZ | Częściowo spełnione |
| Generowanie odpadów (moduły C1–C4) | Odzysk materiałów ujęty w module D1; potencjał GOZ istnieje, ale nie w pełni potwierdzony | Częściowo spełnione |
| Dokumentacja BIM / ewidencja materiałowa | Brak modelu BIM; dokumentacja umożliwia ręczną ewidencję materiałów i ich właściwości GOZ | Częściowo spełnione |

4.3. Wnioski

Projekt budynków mieszkalnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej spełnia wymagania zasady DNSH w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), zgodnie z rozporządzeniem 2021/2139 oraz wymogami programów publicznych (np. KPO, Fundusz Dopląt).

Najważniejsze atuty projektu w kontekście GOZ:

- **Prefabrykacja elementów żelbetowych** (schody, balkony) oraz **powtarzalność układów mieszkań** ograniczają straty materiałowe i ułatwiają demontaż na etapie rozbiórki.
- **Analiza LCA** wykazuje odzysk **68,52 kg odpadów na tonę materiału** oraz **oszczędność zasobów pierwotnych w module D1 na poziomie –5 124 896,44 MJ ogółem**, co odpowiada **–936,87 MJ/m² powierzchni użytkowej**.
- W dokumentacji zagospodarowania terenu (PZT) przewidziano **punkty selektywnej zbiórki odpadów komunalnych i budowlanych**, zgodnie z przepisami BDO.
- Mimo braku dedykowanego modelu BIM i dokumentacji DfD, **układ konstrukcyjny budynków umożliwia ręczną ewidencję materiałową**, co wspiera przygotowanie **Planu Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB)** na etapie realizacji.
- **Stal i beton** zastosowane w konstrukcji mają **potwierdzony potencjał recyklingu**, co zostało ujęte w module D1 jako redukcja wpływu środowiskowego w całym cyklu życia budynków.

4.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie osiąga pełnej oceny 5/5 z powodu:

- **Braku dokumentacji Design for Deconstruction (DfD)** – nie określono formalnie zasad demontażu i odzysku materiałów,
- **Braku Kart GOZ** dla głównych materiałów budowlanych potwierdzających zawartość recyklatu ($\geq 15\%$) lub inne kryteria GOZ,
- **Braku cyfrowej ewidencji materiałowej (BIM)**, co ogranicza możliwość zarządzania GOZ w pełnym cyklu życia budynku.

4.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Aby projekt w pełni spełniał wymogi DNSH, GOZ i Taksonomii UE, zaleca się:

Prefabrykacja i materiały:

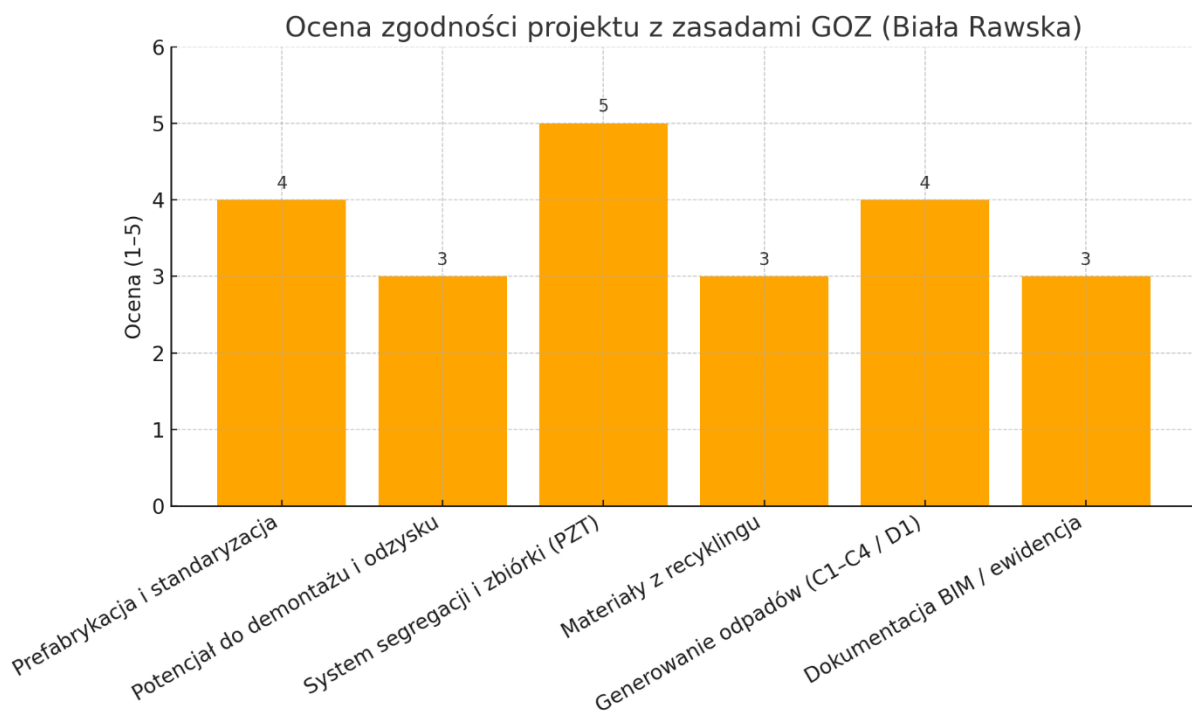
- Stosować materiały spełniające min. 2 kryteria GOZ:
 - $\geq 15\%$ zawartości materiału z recyklingu,
 - możliwość pełnego recyklingu,
 - ponowne użycie bez utraty właściwości,
 - monomateriałowość (łatwa segregacja),
 - demontaż bez uszkodzeń.
- Pozyskać i załączyć **Karty GOZ** dla wszystkich materiałów o masie ≥ 1000 kg.

Recykling i odzysk:

- Planować **odzysk materiałów już na etapie wykonawstwa** – w oparciu o dokumentację techniczną i dane z LCA,
- Stosować konstrukcje z betonu, stali i innych surowców możliwych do ponownego wykorzystania.

Ewidencja materiałowa:

- Prowadzić **ręczną ewidencję materiałów** wraz z ich cechami GOZ (możliwość recyklingu, ponownego użycia, zawartość recyklatu),
- Po zakończeniu realizacji opracować **Raport GOZ**, wskazujący rzeczywiste ilości materiałów, ich pochodzenie i dalsze przeznaczenie.



Wykres przedstawia ocenę zgodności analizowanej inwestycji z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w kontekście wymagań taksonomii UE (rozporządzenie 2021/2139) oraz systemu Level(s). Ocenie poddano sześć kluczowych aspektów projektowych i wykonawczych wpływających na możliwość ponownego wykorzystania materiałów, ograniczenia strat i efektywnego zarządzania cyklem życia zasobów

5. ZAPOBIEGANIE ZANIECZYSZCZENIOM

5.1. Wymogi taksonomii UE

Zgodnie z zasadą DNSH (Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139) oraz wymaganiami wynikającymi z Krajowego Planu Odbudowy (KPO) i Funduszu Dopłat (BSK), projekt budowlany musi:

- zapobiegać zanieczyszczeniom powietrza, gleby i wód,
- nie wykorzystywać ani nie emitować substancji niebezpiecznych lub trwałych, takich jak:
 - PCB (polichlorowane bifenyle),
 - azbest,
 - HFR (halogenowane środki opóźniające palność),
 - ftalany niskocząsteczkowe (np. DEHP, DBP, BBP),
 - formaldehyd powyżej klasy emisji E1,
 - PBDE (polibromowane etery difenyłowe),
 - POPs (trwałe zanieczyszczenia organiczne),
 - substancje SVHC (Substances of Very High Concern),
- stosować wyłącznie drewno i wyroby drewnopochodne:
 - **pochodzące z legalnych źródeł,**
 - **posiadające certyfikaty FSC lub PEFC,**
 - zgodne z Rozporządzeniem EUTR (995/2010/UE),
- stosować materiały budowlane o niskiej emisji LZO/VOC, zgodne z EN 16516 (TVOC $\leq 0,1$ mg/m³ po 28 dniach),
- ograniczać emisję NO_x, SO₂, pyłów PM10 w czasie budowy,
- prowadzić selektywną gospodarkę odpadami niebezpiecznymi.

5.2. Ocena dla inwestycji w Białej Rawskiej

| Kryterium | Ocena zgodności | Spełnienie |
|--|--|---------------------|
| Emisje LZO (VOC) z materiałów wykończeniowych | Brak pełnej specyfikacji materiałowej; zaleca się stosowanie materiałów niskoemisyjnych zgodnych z normą EN 16516 i deklaracjami EPD | Częściowo Spełnione |
| Brak substancji niebezpiecznych (np. PCB, HFC) | Brak zastosowania azbestu i PCB; brak wskazania czynnika chłodniczego w pompach ciepła – zaleca się stosowanie czynników niskoemisyjnych lub naturalnych | Częściowo Spełnione |
| Ograniczenie pyłów i zanieczyszczeń podczas budowy | Przewidziano utwardzenie dróg dojazdowych i stosowanie zraszaczy na czas budowy | Spełnione |
| Ograniczenie hałasu i wibracji | Przewidziano ograniczenia godzin pracy sprzętu budowlanego oraz stosowanie osłon akustycznych | Spełnione |

| | | |
|--|--|-----------|
| System kanalizacji i separacji ścieków | Kanalizacja rozdzielna; oddzielne odprowadzenie ścieków bytowych i wód opadowych | Spełnione |
| Gospodarka odpadami niebezpiecznymi | Postępowanie z odpadami chemicznymi i resztkami chemii budowlanej podlega nadzorowi zgodnie z PZOB | Spełnione |

5.3. Wnioski

Projekt budynków mieszkalnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej spełnia zasadę DNSH w zakresie zapobiegania zanieczyszczeniom środowiska, zgodnie z rozporządzeniem 2021/2139 oraz wymaganiami KPO i Funduszu Dopłat. Jednak niektóre elementy wymagają doprecyzowania na etapie realizacji.

Najważniejsze aspekty pozytywne i niezbędne uzupełnienia:

- Projekt nie przewiduje stosowania zakazanych substancji (azbest, PCB, PBDE, ftalany, POPs, formaldehyd > E1),
- Na etapie wykonawstwa należy jednoznacznie potwierdzić brak SVHC w składzie materiałów (>0,1%) oraz klasę emisji formaldehydu (max E1),
- Wszystkie wykończeniowe materiały (farby, kleje, tynki, wykładziny) muszą posiadać deklaracje EN 16516 lub EPD potwierdzające niską emisję VOC,
- Drewno konstrukcyjne i wykończeniowe musi pochodzić z certyfikowanych źródeł (FSC/PEFC), zgodnie z EUTR,
- Organizacja placu budowy i przyjęty harmonogram minimalizują emisję zanieczyszczeń do powietrza i gleby,
- System kanalizacji rozdzielny – zgodny z zasadami ochrony zasobów wodnych,
- Odpady niebezpieczne są wyodrębnione i nadzorowane zgodnie z PZOB.

5.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie uzyskał pełnej zgodności z DNSH z powodu:

- Braku jednoznacznych zapisów w dokumentacji technicznej dotyczących eliminacji **SVHC** i stosowania **drewna FSC/PEFC**,
- Braku wskazania typu **czynnika chłodniczego** w pompach ciepła (nie wiadomo, czy $GWP \leq 750$),
- Braku kompletnych **specyfikacji materiałów wykończeniowych** pod kątem zgodności z normą EN 16516 i emisją TVOC $\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$.

5.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

W zakresie materiałów wykończeniowych:

- Stosować wyłącznie materiały spełniające normę EN 16516: **TVOC $\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ po 28 dniach**,
- Wymagać deklaracji DoP lub EPD dla farb, klejów, tynków i wykładzin.

W zakresie substancji chemicznych:

- Wprowadzić **zakaz stosowania SVHC > 0,1%**, formaldehydu w klasie emisji > E1, HFR, PBDE i ftalanów,
- Weryfikować składy chemiczne produktów przez karty charakterystyki i certyfikaty.

W zakresie drewna i certyfikacji:

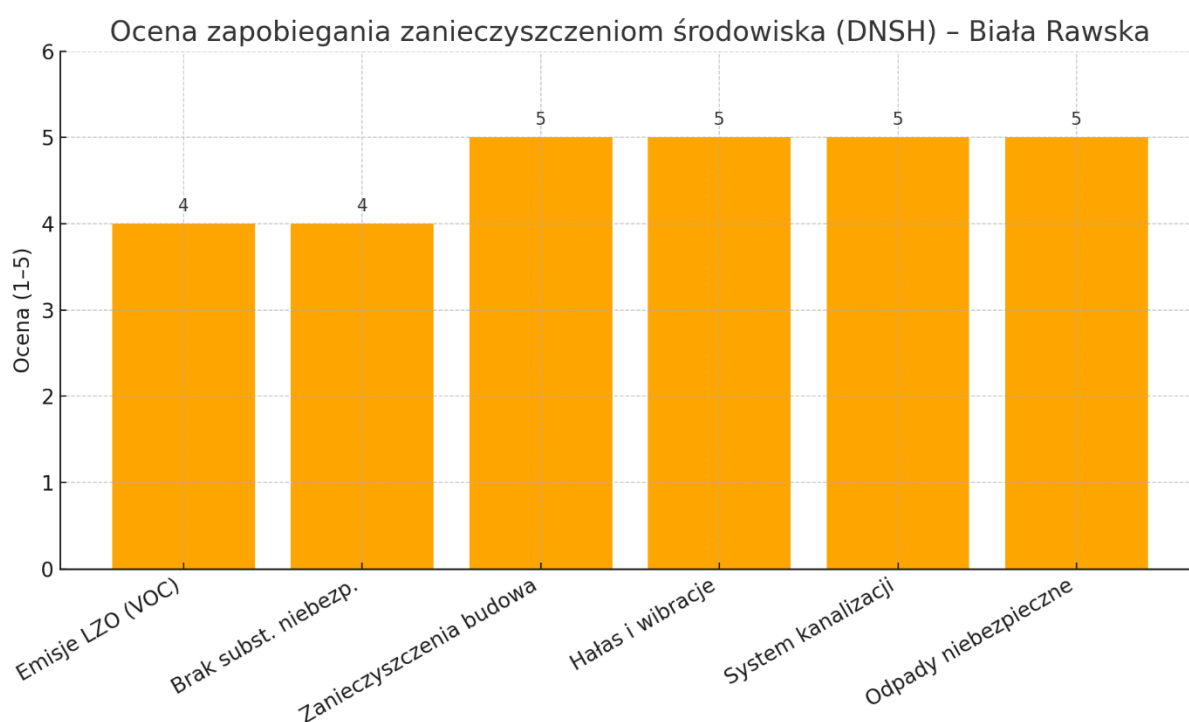
- Stosować wyłącznie **drewno z certyfikatem FSC lub PEFC**,
- Potwierdzać legalność pochodzenia zgodnie z Rozporządzeniem EUTR.

W zakresie instalacji HVAC:

- Wymagać zastosowania pomp ciepła z czynnikiem chłodniczym o **GWP \leq 750**, np. R32 lub R290,
- Wskazać typ czynnika w dokumentacji wykonawczej.

W zakresie organizacji budowy i odpadów:

- Kontynuować działania ograniczające **emisję pyłów i hałasu** na budowie,
- Zarządzać odpadami niebezpiecznymi zgodnie z wytycznym **PZOB**, z osobną ewidencją i przekazaniem do uprawnionych instalacji.



Wykres przedstawia ocenę stopnia spełnienia wymagań zasady „Do No Significant Harm” (DNSH) w obszarze zapobiegania zanieczyszczeniom środowiska dla budynków w Białej Rawskiej. Ocenie poddano sześć aspektów technicznych i środowiskowych, zgodnie z rozporządzeniem delegowanym 2021/2139.

6. OCHRONA BIORÓŻNORODNOŚCI I KRAJOBRAZU

6.1. Wymogi taksonomii UE

Zgodnie z zasadą DNSH (Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139) oraz wymaganiami wynikającymi z KPO i Funduszu Dopłat (BSK), projekt budowlany musi:

- nie powodować znaczącego uszczerbku na bioróżnorodności, siedliskach przyrodniczych i populacjach gatunków chronionych,
- nie ingerować w obszary Natura 2000 ani inne tereny o szczególnych walorach przyrodniczych,
- zachować lub kompensować roślinność istniejącą, w szczególności drzewa,
- wdrażać rozwiązania minimalizujące wpływ na ekosystemy wodne i lądowe,

- prowadzić gospodarkę wodami opadowymi w sposób ograniczający ryzyko zanieczyszczeń,
- ograniczać emisje i odpady, które mogą wpływać na jakość gleby, powietrza i wód

6.2. Ocena dla inwestycji w Białej Rawskiej

| Kryterium | Ocena zgodności | Spełnione |
|---|---|---------------------|
| Lokalizacja i wpływ na siedliska przyrodnicze | Brak negatywnego wpływu na siedliska chronione; inwestycja zlokalizowana poza obszarami Natura 2000 | Spełnione |
| Zachowanie drzew i roślinności | Brak zachowania istniejącego drzewostanu – działka została przeznaczona pod pełną zabudowę; nowe nasadzenia kompensacyjne zaplanowane w ramach projektu | Częściowo Spełnione |
| Zrównoważona gospodarka wodami opadowymi | Odprowadzenie wód opadowych do kanalizacji miejskiej; brak zbiorników retencyjnych, ale zapewniono separację substancji ropopochodnych | Częściowo Spełnione |
| Zachowanie struktury terenu | Przekształcenie terenu w zabudowę miejską; ingerencja całkowita, ale zgodna z MPZP | Częściowo Spełnione |
| Użycie roślinności i nasadzeń | Zaplanowano nowe nasadzenia roślin ozdobnych i drzew alejowych zgodnie z planem zagospodarowania | Częściowo Spełnione |
| Kontrola odpadów i zanieczyszczeń | Przewidziano zabezpieczenie placu budowy, separację odpadów ropopochodnych i chemii budowlanej | Spełnione |

6.3. Wnioski

Projekt budynków mieszkalnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej spełnia wymagania zasady DNSH w zakresie ochrony bioróżnorodności i krajobrazu, choć wymaga uzupełnień w zakresie retencji, gatunków nasadzeń i aktywnych działań proekologicznych.

Najważniejsze informacje:

- Teren inwestycji **nie znajduje się na obszarze Natura 2000** ani w innej strefie ochrony przyrody.
- **Przekształcenie działki pod zabudowę** odbywa się zgodnie z MPZP, jednak bez zachowania istniejącego drzewostanu.
- W projekcie uwzględniono **nasadzenia kompensacyjne**, lecz nie określono, czy są to gatunki rodzime.
- **System odwodnienia** terenowego obejmuje **kanalizację deszczową i separatory substancji ropopochodnych**, ale **brakuje retencji powierzchniowej**.
- Plac budowy ma zapewnione **środki ochrony gleby i wód**, a odpady są prowadzone zgodnie z PZO.

6.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt nie uzyskał oceny 5/5, ponieważ:

- **Nie zaplanowano zastosowania wyłącznie roślinności rodzimej**, odpornej na zmiany klimatu,
- **Brakuje systemów zwiększających retencję** (np. ogrody deszczowe, zbiorniki lokalne),

- **Brak działań wspierających bioróżnorodność**, takich jak budki lęgowe, rośliny dla zapylaczy, mikroretencja lub zielone dachy.

6.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Roślinność i krajobraz:

- Wybierać **gatunki rodzime** do nasadzeń, odporne na warunki suszy i lokalne choroby,
- Uwzględnić w nasadzeniach **rośliny sprzyjające bioróżnorodności** (np. dla zapylaczy),
- Opcjonalnie wprowadzić **budki lęgowe, domki dla owadów**, naturalne łąki lub zielone strefy krajobrazowe.

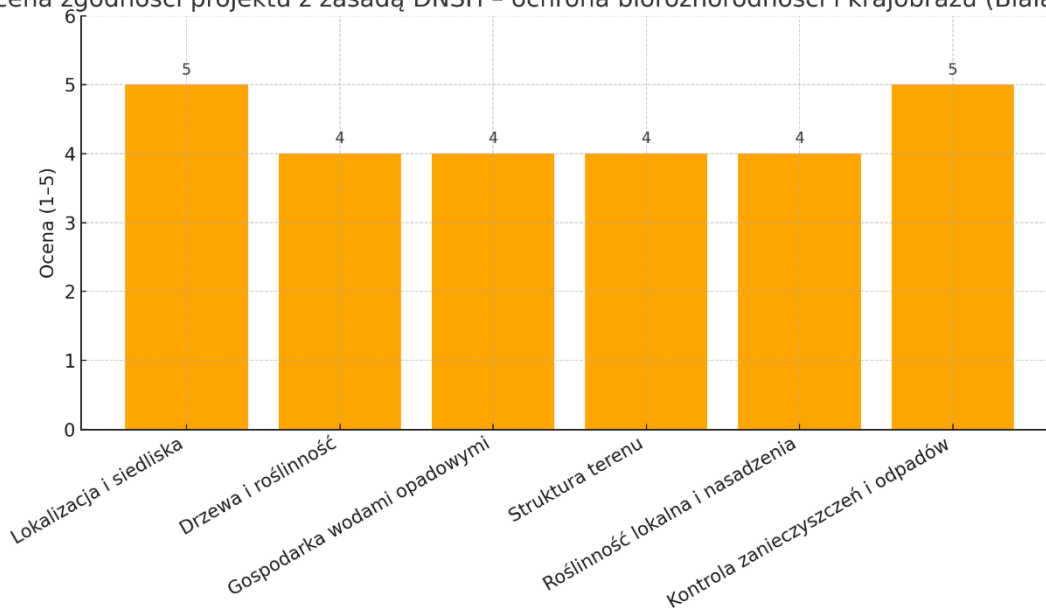
Gospodarka wodna:

- Rozważyć **instalację zbiorników** na wodę deszczową do podlewania zieleni,
- Kontrolować odpływ wód poprzez **separatory zanieczyszczeń** i kontrolę stanu instalacji.

Organizacja budowy:

- Prowadzić **monitoring środowiskowy** placu budowy,
- Ograniczyć zanieczyszczenia terenu i gleb przez wyznaczenie stref roboczych i szczelną organizację zaplecza.

Ocena zgodności projektu z zasadą DNSH – ochrona bioróżnorodności i krajobrazu (Biała Rawska)



Wykres przedstawia ocenę stopnia spełnienia wymagań DNSH w zakresie ochrony bioróżnorodności i krajobrazu dla inwestycji.

PODSUMOWANIE ANALIZY DNSH

1. Wymogi taksonomii UE i zakres analizy

Ocenie poddano wszystkie sześć obszarów środowiskowych wskazanych w załączniku I do rozporządzenia:

- **Ochrona bioróżnorodności i krajobrazu** – brak negatywnego wpływu na środowisko naturalne, nowe nasadzenia roślinności lokalnej w ramach kompensacji.

- **Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)** – zastosowanie prefabrykacji, planowanie odzysku materiałów, segregacja odpadów budowlanych.
- **Zapobieganie zanieczyszczeniom** – ograniczenie emisji LZO, pyłów, hałasu i zanieczyszczeń chemicznych, kontrola odpadów niebezpiecznych.
- **Zrównoważone wykorzystanie zasobów wodnych** – kanalizacja rozdzielna, separacja ścieków, ochrona jakości wód powierzchniowych.
- **Adaptacja do zmian klimatu** – projektowanie odporne na opady, upały i susze, dobra izolacyjność cieplna przegród.
- **Łagodzenie zmian klimatu** – wysoka efektywność energetyczna, wykorzystanie OZE (fotowoltaika), umiarkowane emisje GWP.

2. Ocena zgodności z zasadą DNSH

Na podstawie dokumentacji projektowej, danych środowiskowych (LCA), charakterystyki energetycznej oraz dokumentacji wykonawczej, stwierdza się, że:

Inwestycja w większości spełnia wymagania zasady DNSH w zakresie środowiskowym.

W szczególności:

- **Bioróżnorodność i krajobraz:**
Inwestycja zlokalizowana jest poza obszarami Natura 2000. Teren został przeznaczony pod zabudowę zgodnie z MPZP, a zaplanowane nasadzenia kompensacyjne łagodzą wpływ inwestycji na lokalny krajobraz.
- **Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ):**
Projekt uwzględnia elementy prefabrykacji i odzysku materiałów, lecz brak pełnego modelu DFD lub BIM ogranicza potencjał w zakresie GOZ.
- **Zapobieganie zanieczyszczeniom:**
Projekt przewiduje ograniczenie emisji pyłów i hałasu oraz segregację odpadów chemicznych, jednak brak jednoznacznego potwierdzenia wyeliminowania wszystkich substancji SVHC i użycia niskogwp czynników chłodniczych wymaga dodatkowego nadzoru.
- **Zasoby wodne:**
Odwodnienie do kanalizacji miejskiej z separacją substancji ropopochodnych spełnia wymogi ochrony zasobów wodnych.
- **Adaptacja do zmian klimatu:**
Wysoka izolacyjność cieplna przegród oraz rozwiązania ograniczające straty ciepła zostały zapewnione, mimo braku wykonania testu szczelności powietrznej (blower door).
- **Łagodzenie zmian klimatu:**
Projekt osiąga bardzo dobre wyniki energetyczne i środowiskowe:
 - **EP (zapotrzebowanie na energię pierwotną): 50,92 kWh/(m²-rok)**
 - **Zużycie energii operacyjnej (moduły B6–B7): 2746,07 kWh/m² (w całym cyklu życia)**

- **GWP A–C (śląd węglowy całkowity): 437,40 kg CO₂e/m²**
- **GWP A1–A3 (śląd wbudowany): 314,16 kg CO₂e/m²**
- **Moduł D1 – korzyści środowiskowe (efekt GOZ): –35,50 kg CO₂e/m²**

3. Rekomendacje – działania umożliwiające pełne osiągnięcie oceny 5/5

W celu osiągnięcia pełnej zgodności inwestycji z zasadą DNSH, taksonomią UE oraz wymaganiami wynikającymi z KPO i Funduszu Dopląt BGK, rekomenduje się wdrożenie następujących działań:

3.1. Efektywność energetyczna budynku

- Utrzymanie wskaźnika EP (energia pierwotna) nie wyższego niż 50,92 kWh/(m²rok) zgodnie z zatwierdzonym projektem budowlanym i wymaganiami KPO.

3.2. System grzewczy – pompy ciepła

- Stosowanie gruntowych pomp ciepła glikol/woda jako głównego źródła ogrzewania i CWU, spełniających minimalne parametry:
 - **SCOP ≥ 4,00,**
- Temperatura pracy:
 - obieg grzewczy 35/28°C,
 - przygotowanie CWU do 55°C,
- Stosowanie pomp ciepła wyłącznie z czynnikami chłodniczymi o niskim GWP ≤ 750 (preferowane R32 lub naturalne R290),
- Klasa energetyczna urządzeń:
 - minimum **A++** dla ogrzewania,
 - minimum **A+** dla przygotowania CWU.

3.3. Instalacja fotowoltaiczna (PV)

- Montaż instalacji fotowoltaicznej o mocy nie mniejszej niż 56,60 kWp,
- Wykonanie instalacji w systemie balastowym, bez ingerencji w pokrycie dachowe,
- Stosowanie inwerterów i zabezpieczeń umożliwiających monitorowanie produkcji energii.

3.4. Wentylacja mechaniczna

- Zastosowanie wentylacji mechanicznej wywiewnej, z automatycznym sterowaniem (czujniki wilgotności, CO₂),
- Wyprowadzenie wyrzutni ponad dach,
- Kanały wykonane z materiałów niepalnych, dostępne do czyszczenia,
- Stosowanie tłumików i klap zwrotnych zapobiegających cofaniu powietrza.

3.5. Urządzenia sanitarne

- Wdrożenie armatury i urządzeń sanitarnych o ograniczonym zużyciu wody, z wbudowanymi ogranicznikami przepływu:
 - baterie umywalkowe i kuchenne: ≤ 6 l/min,
 - prysznice: ≤ 9 l/min,

- WC – spluczki dwudzielne 6/3 litra,
- pisuary – ≤ 1 l/cykl lub rozwiązania bezwodne,
- Wszystkie urządzenia muszą posiadać:
 - deklarację właściwości użytkowych (DoP),
 - certyfikat CE,
 - dokumentację potwierdzającą parametry wodne.

3.6. Materiały budowlane i chemia budowlana

- Stosowanie wyłącznie materiałów budowlanych spełniających kryteria środowiskowe:
 - Materiały wykończeniowe o emisji TVOC $\leq 0,1$ mg/m³ (wg EN 16516),
 - Materiały posiadające Deklaracje Środowiskowe Produktu (EPD) dla udziału masowego/środowiskowego $>1\%$,
- Zakaz stosowania materiałów zawierających:
 - **SVHC (Substances of Very High Concern)** w stężeniu $>0,1\%$,
 - formaldehyd w klasie emisji wyższej niż E1,
 - halogenowane środki opóźniające palność (HFR),
 - PBDE,
 - PCB,
 - ftalany niskocząsteczkowe (DEHP, DBP, BBP),
 - azbest,
 - trwałe zanieczyszczenia organiczne (POPs).

3.7. Drewno i wyroby drewnopochodne

- Stosowanie wyłącznie drewna i produktów drewnopochodnych pochodzących z certyfikowanych źródeł:
 - **FSC** (Forest Stewardship Council) lub **PEFC** (Programme for the Endorsement of Forest Certification),
- Zapewnienie zgodności z Rozporządzeniem EUTR 995/2010 o legalności drewna.

3.8. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)

- Zapewnienie spełnienia co najmniej dwóch kryteriów GOZ dla każdego materiału użytego w budowie:
 - zawartość materiałów z recyklingu $\geq 15\%$,
 - pełna możliwość recyklingu,
 - możliwość ponownego użycia,
 - skład monomateriałowy,
 - możliwość demontażu bez destrukcji,
- Wprowadzenie Karty GOZ dla dostaw materiałów o masie ≥ 1000 kg,
- Zapewnienie końcowego Raportu GOZ dokumentującego rzeczywiste ilości i los materiałów.

3.9. Gospodarka odpadami budowlanymi (PZOB)

- Wdrożenie Planu Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB) zgodnie z:
 - krajowymi przepisami,


- zasadą DNSH,
- wytycznymi KPO i GOZ,
- Selektywna zbiórka odpadów wg kodów katalogowych,
- Osiągnięcie poziomu odzysku materiałowego i recyklingu minimum 70% masy odpadów (z wyłączeniem gleby),
- Obowiązkowy raport końcowy PZOB z masami, frakcjami i kopiami Kart Przekazania Odpadów (BDO).

3.10. System zarządzania energią

- Zapewnienie systemu monitoringu zużycia energii przez pompy ciepła, wentylację oraz instalację PV,
- Preferowane wdrożenie systemu BMS (Building Management System) z możliwością raportowania danych.

4. Wniosek końcowy

Projekt budynku wielorodzinnego przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej spełnia wymagania zasady DNSH, określone w rozporządzeniu 2021/2139 i może być kwalifikowany jako zgodny z taksonomią UE. Po wdrożeniu wskazanych zaleceń inwestycja osiągnie pełną ocenę 5/5 we wszystkich sześciu obszarach środowiskowych analizy DNSH.

| | | |
|-----|---|---|
| III | WYKAZ ŚRODKÓW SŁUŻĄCYCH REDUKCJI EMISJI HAŁASU, KURZU I ZANIECZYSZCZEŃ |  |
|-----|---|---|

1. WPROWADZENIE

1.1. Cel dokumentu

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie strategii ochrony środowiska w kontekście realizacji inwestycji polegającej na budowie dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych z usługami, zlokalizowanych przy ul. **Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej**.

Dokument ma na celu identyfikację i minimalizację potencjalnego wpływu realizacji inwestycji na środowisko naturalne, zgodnie z wymaganiami Taksonomii UE, zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH), Krajowym Planem Odbudowy (KPO) oraz krajowymi przepisami w zakresie ochrony środowiska.

W szczególności analiza skupia się na:

- ochronie jakości powietrza, wód i gleby podczas robót budowlanych,
- ograniczeniu emisji hałasu, pyłu i innych zanieczyszczeń,
- wdrożeniu zasad segregacji i bezpiecznego zarządzania odpadami budowlanymi,
- wdrażaniu działań minimalizujących wpływ budowy na otoczenie biologiczne i krajobrazowe,
- zapewnieniu zgodności budowy z wymogami gospodarowania wodami opadowymi.

Dokument wskazuje konkretne środki zapobiegawcze, systemy kontroli oraz procedury działań naprawczych dla zapewnienia wysokiego standardu ochrony środowiska podczas całego procesu realizacji inwestycji.

1.2. Zakres stosowania środków ochronnych

Niniejsze środki ochronne dotyczą wszystkich etapów realizacji inwestycji budowy dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych z usługami, zlokalizowanych przy ul. **Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej**, i obejmują:

- **Roboty ziemne:** przygotowanie terenu, wykopy fundamentowe, zabezpieczenie przed erozją i pyleniem.
- **Wznoszenie konstrukcji budynku:** prace fundamentowe, konstrukcja ścian i stropów z uwzględnieniem minimalizacji hałasu i emisji pyłu.
- **Instalacje sanitarne, elektryczne i wentylacyjne:** odpowiedzialne gospodarowanie odpadami instalacyjnymi i ochrona jakości wód.
- **Prace wykończeniowe:** zastosowanie materiałów o niskiej emisji LZO, bezpieczne zarządzanie odpadami chemicznymi i resztkami materiałowymi.
- **Organizacja i zarządzanie placem budowy:** utrzymanie czystości dróg dojazdowych, kontrola emisji spalin, bezpieczne składowanie materiałów niebezpiecznych.

Każdy etap realizacji wymaga przestrzegania zasad zrównoważonego rozwoju, ochrony środowiska oraz zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

1.3. Wymogi prawne i normy

Opracowanie zostało sporządzone w oparciu o:

- Rozporządzenie (UE) 2020/852 w sprawie Taksonomii UE,
- Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139,
- Krajowy Plan Odbudowy (KPO) – wytyczne w zakresie inwestycji budowlanych,
- PN-EN 15978:2012 – Zrównoważone budownictwo – Ocena środowiskowa budynków,
- Ustawę o odpadach (Dz.U. 2022 poz. 699),
- Ustawę Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2022 poz. 2556),
- Obowiązujące normy emisji hałasu i ochrony powietrza.

Szczególną uwagę poświęcono zgodności działań inwestora i wykonawcy z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH) w sześciu obszarach środowiskowych określonych przez Taksonomię UE.

1.4. Specyfika projektu

Projekt dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych z usługami, realizowany przy ul. **Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej**, charakteryzuje się następującymi założeniami środowiskowymi:

- brak lokalizacji na terenach objętych ochroną przyrodniczą (np. Natura 2000, obszary cenne przyrodniczo),
- odprowadzenie wód opadowych do kanalizacji deszczowej z zastosowaniem separatorów substancji ropopochodnych,
- brak projektowanych zbiorników retencyjnych przy budynkach – retencja planowana wyłącznie w obrębie systemu miejskiego,
- zastosowanie instalacji fotowoltaicznej (PV) o mocy **56,60 kWp** w celu zmniejszenia zużycia energii nieodnawialnej i emisji CO₂,
- zaprojektowanie przegród zewnętrznych o wysokiej izolacyjności cieplnej:
 - **U = 0,14 W/(m²·K)** dla ścian zewnętrznych,
 - **U = 0,13 W/(m²·K)** dla dachów (stropodachów),
 - **U = 0,89 W/(m²·K)** dla stolarki okiennej,
 - **U = 0,22 W/(m²·K)** dla ścian fundamentowych,
 - **U = 0,20 W/(m²·K)** dla stropów nad garażem podziemnym,
- wdrożenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), w tym systemu selektywnej zbiórki odpadów budowlanych zgodnie z PZOZB,
- przyjęcie stosowania materiałów wykończeniowych o **niskiej emisji LZO/VOC**, zgodnych z normą **EN 16516 (TVOC ≤ 0,1 mg/m³)** oraz potwierdzonych deklaracjami środowiskowymi EPD na etapie realizacyjnym.

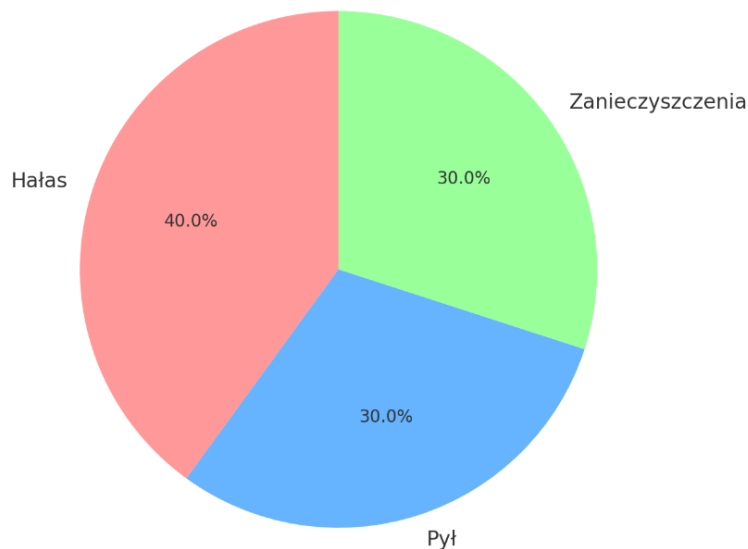
2. OGRANICZENIE EMISJI HAŁASU

2.1 Planowanie harmonogramu prac i ograniczenie hałasu w określonych godzinach

Aby zminimalizować uciążliwość hałasu dla otoczenia, prace budowlane i konserwacyjne będą prowadzone zgodnie z następującymi zasadami:

- **Roboty szczególnie hałaśliwe** (np. wiercenie, kucie, użycie młotów pneumatycznych) będą ograniczone do godzin dziennych, zgodnie z obowiązującymi przepisami lokalnymi.
- **Ograniczenie hałaśliwych prac w weekendy** i dni świąteczne, jeśli nie są one niezbędne dla ciągłości robót.
- **Podział robót na etapy** – unikanie jednoczesnego prowadzenia kilku hałaśliwych procesów w pobliżu obszarów wrażliwych akustycznie (np. zabudowa mieszkaniowa).

Podział źródeł emisji na budowie



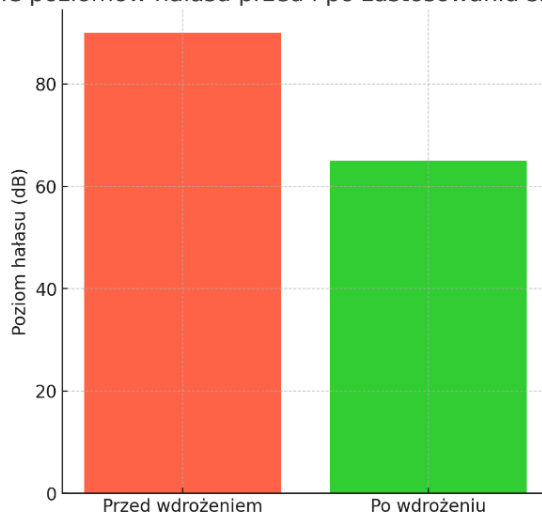
Wykres ilustruje podział źródeł emisji (hałas, pył, zanieczyszczenia), które powstają podczas realizacji robót budowlanych. Pomaga to w ocenie, które z tych źródeł mają największy wpływ na środowisko i wymagają szczególnej uwagi w zakresie działań ochronnych.

2.2 Stosowanie maszyn o obniżonym poziomie emisji hałasu

Zastosowanie nowoczesnego sprzętu spełniającego normy hałasu pozwoli na ograniczenie negatywnego wpływu robót na otoczenie:

- Wybór maszyn i urządzeń o **niskim poziomie hałasu**, zgodnych z dyrektywą 2000/14/WE dotyczącą emisji hałasu na zewnątrz budynków.
- Zastosowanie narzędzi wyposażonych w **tłumiki drgań i hałasu** (np. cichsze młoty pneumatyczne, wiertarki z systemem tłumienia dźwięku).
- Unikanie pracy maszyn na **biegu jałowym** – ograniczenie zbędnego hałasu i zużycia paliwa.

Porównanie poziomów hałasu przed i po zastosowaniu środków ochrony



Wykres porównuje poziomy hałas przed i po zastosowaniu środków ochrony, ukazując efektywność działań zmniejszających hałas. Dzięki wdrożeniu nowoczesnych maszyn oraz ograniczeniu prac hałaśliwych do godzin dziennych, możliwe jest znaczne obniżenie poziomu hałasu.

2.3 Przeglądy techniczne i konserwacja sprzętu

Zła kondycja techniczna maszyn może zwiększać poziom emitowanego hałasu. W związku z tym przewidziane są następujące środki:

- **Regularne przeglądy techniczne sprzętu**, aby zapobiec zwiększonej emisji hałasu wynikającej z zużycia mechanicznego.
- Smarowanie i konserwacja ruchomych części urządzeń, co pozwala na **redukcję tarcia i wibracji** generujących hałas.
- Zastosowanie gumowych i elastycznych **podkładek antywibracyjnych** pod maszynami, aby ograniczyć hałas strukturalny przenoszony na konstrukcję budynku.

2.4 Wykorzystanie osłon akustycznych i mat dźwiękochłonnych

W przypadkach, gdy prace budowlane lub konserwacyjne prowadzone są w pobliżu zabudowy mieszkalnej, zastosowane zostaną dodatkowe środki ochrony przed hałasem:

- **Ekrany akustyczne** wokół placu budowy, które zmniejszą propagację dźwięku w stronę otoczenia.
- Zastosowanie tymczasowych **barier dźwiękochłonnych**, szczególnie podczas prac rozbiórkowych lub intensywnych robót instalacyjnych.
- **Maty dźwiękochłonne** wokół maszyn generujących największy hałas, np. agregatów prądotwórczych, sprężarek powietrza.

2.5 Minimalizacja jednoczesnego użytkowania wielu hałaśliwych urządzeń

W celu dalszej redukcji hałasu:

- **Planowane będzie stopniowe uruchamianie maszyn**, zamiast używania kilku urządzeń jednocześnie.
- Zastosowanie metod alternatywnych, takich jak **cięcie materiałów poza godzinami szczytowego hałasu** lub w warsztacie, zamiast na miejscu budowy.

- **Ograniczenie użycia sygnałów dźwiękowych** w pojazdach budowlanych – preferowanie sygnałów świetlnych tam, gdzie to możliwe.

3. OGRANICZENIE EMISJI KURZU I PYŁU

3.1 Zraszanie powierzchni roboczych wodą

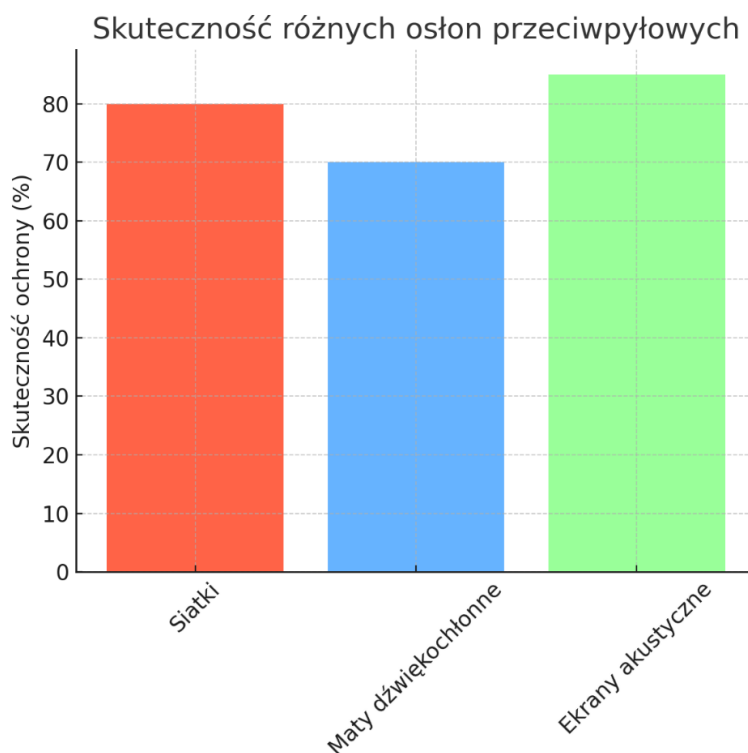
Aby ograniczyć unoszenie się kurzu i pyłu podczas robót ziemnych, rozbiórkowych i transportowych, stosowane będą następujące rozwiązania:

- **Systematyczne zraszanie terenu budowy**, zwłaszcza w okresach suchych i wietrznych.
- Wilgotne **czyszczenie powierzchni utwardzonych**, takich jak drogi dojazdowe i place składowe, aby zapobiec roznoszeniu pyłu poza teren budowy.
- **Zraszanie gruzu i materiałów sypkich** przed ich załadunkiem i transportem.

3.2 Stosowanie pyłoszczelnych osłon i siatek ochronnych

W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się pyłu w otoczeniu budowy zostaną zastosowane następujące środki:

- **Siatki ochronne na rusztowaniach** i ogrodzeniach budowy, aby ograniczyć emisję pyłu na sąsiednie tereny.
- **Kurtyny przeciwpylowe** wokół miejsc szczególnie narażonych na unoszenie pyłu, np. w miejscach składowania cementu, gipsu, wapna.
- **Tymczasowe zabudowy wokół stanowisk pracy** związanych z cięciem, szlifowaniem lub obróbką materiałów pyłących.



Wykres pokazuje efektywność różnych osłon przeciwpylowych (siatki, maty, ekrany akustyczne) w redukcji emisji pyłów na budowie. Zastosowanie odpowiednich osłon w miejscach szczególnie narażonych na pył jest kluczowe dla ochrony zdrowia pracowników oraz otoczenia.

3.3 Unikanie prac rozbiórkowych i ziemnych w warunkach wietrznych

Silny wiatr może znacząco zwiększyć unoszenie pyłu, dlatego:

- W miarę możliwości harmonogram prac będzie dostosowany do prognoz pogodowych, aby unikać prowadzenia intensywnie pyłących robót w okresach silnego wiatru.
- W przypadku konieczności prowadzenia prac w niesprzyjających warunkach stosowane będą **bariery przeciwwietrzne**, np. osłony z płyt OSB, kontenery lub inne przeszkody ograniczające rozprzestrzenianie się pyłu.

3.4 Natychmiastowe usuwanie pyłu i gruzu z miejsc pracy

Aby ograniczyć kumulację pyłu na placu budowy, wdrożone zostaną następujące zasady:

- **Regularne usuwanie gruzu i odpadów pyłących** w celu zmniejszenia ich rozprzestrzeniania się.
- Stosowanie **odkurzaczy przemysłowych do czyszczenia stanowisk pracy**, zamiast zamiatania suchych powierzchni, które powoduje unoszenie pyłu.
- **Natychmiastowe usuwanie pyłu** powstającego podczas cięcia materiałów (np. betonu, cegieł, płyt gipsowych) za pomocą odciągów pyłowych podłączonych do narzędzi.

3.5 Transport materiałów sypkich w zabezpieczonych pojemnikach

Aby zapobiec rozprzestrzenianiu się pyłu podczas transportu:

- **Materiały sypkie** (np. piasek, cement, żwir) będą transportowane wyłącznie w zamkniętych pojemnikach lub szczelnie przykrytych plandeką.
- Miejsce **załadunku i rozładunku materiałów pyłących** będzie osłonięte przed wpływem wiatru i deszczu.
- **Drogi transportowe** na terenie budowy będą regularnie czyszczone, aby ograniczyć osadzanie się pyłu.

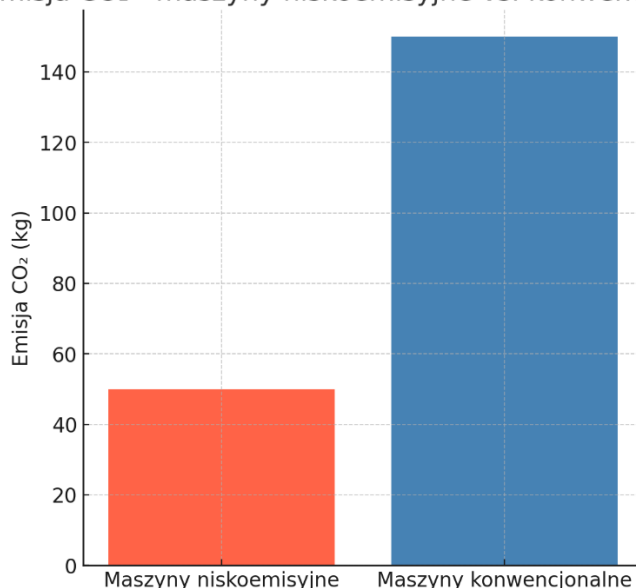
4. OGRANICZENIE EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA, WODY I GLEBY

4.1 Stosowanie maszyn o niskiej emisji spalin

Aby ograniczyć emisję zanieczyszczeń do powietrza, stosowane będą następujące środki:

- **Wykorzystanie maszyn i pojazdów spełniających normy emisji spalin** (np. Euro VI dla pojazdów ciężarowych i maszyn budowlanych).
- **Regularna kontrola stanu technicznego silników**, aby zapobiegać nadmiernej emisji spalin i wyciekowi paliw lub olejów.
- **Preferowanie maszyn elektrycznych i hybrydowych**, tam gdzie jest to technicznie i ekonomicznie uzasadnione.

Emisja CO₂ - maszyny niskoemisyjne vs. konwencjonalne



Wykres przedstawia porównanie emisji CO₂ pomiędzy maszynami niskoemisyjnymi a konwencjonalnymi. Zastosowanie maszyn niskoemisyjnych znacząco redukuje emisję CO₂, co przyczynia się do mniejszego wpływu na środowisko.

4.2 Ograniczenie pracy maszyn na biegu jałowym

Niepotrzebna praca silników zwiększa emisję CO₂ i innych szkodliwych substancji. W związku z tym wprowadzone zostaną następujące zasady:

- **Zakaz pracy silników na biegu jałowym** powyżej określonego czasu (np. 2 minut), chyba że wymagają tego procedury technologiczne.
- **Wprowadzenie systemu automatycznego wyłączania maszyn** po określonym czasie nieaktywności.
- **Odpowiednie planowanie pracy maszyn**, aby unikać zbędnego postoju z włączonym silnikiem.

4.3 Bezpieczne przechowywanie substancji chemicznych i materiałów mogących skażać środowisko

Aby zapobiec wyciekom substancji niebezpiecznych do gleby i wód gruntowych, wdrożone zostaną następujące środki:

- **Przechowywanie paliw, olejów i substancji chemicznych** w wyznaczonych, szczelnych pojemnikach.
- **Zastosowanie wanien wychwytowych** pod zbiornikami na paliwa i inne substancje mogące przedostać się do gruntu.
- **Oznakowanie i zabezpieczenie stref magazynowania substancji niebezpiecznych** przed niekontrolowanym dostępem osób trzecich.
- **Regularne kontrole szczelności pojemników** i instalacji paliwowych.

4.4 Zabezpieczenie terenu budowy przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń

Aby ograniczyć wpływ robót budowlanych na środowisko wodno-gruntowe, zostaną wdrożone następujące rozwiązania:

- **Wyznaczenie i utwardzenie dróg wewnętrznych** na budowie, aby ograniczyć nanoszenie błota i pyłu na drogi publiczne.

- **Zastosowanie mat zabezpieczających** pod stanowiskami pracy z użyciem substancji chemicznych.
- **Ochrona systemu kanalizacji deszczowej** przed przedostawaniem się zanieczyszczeń z terenu budowy (np. poprzez osadniki i separatory oleju).
- **Ograniczenie prac ziemnych w okresach intensywnych opadów**, aby zapobiec erozji gleby i spływowi osadów do systemów wodnych.

4.5 Oczyszczanie kół pojazdów opuszczających teren budowy

Aby ograniczyć zanieczyszczenie dróg publicznych błotem i pyłem, zostaną wdrożone następujące środki:

- **Obowiązkowe mycie kół pojazdów** wyjeżdżających z budowy, zwłaszcza w okresach deszczowych.
- **Instalacja mat czyszczących lub brodzików wodnych** na wyjazdach z placu budowy.
- **Regularne sprzątanie i kontrola czystości dróg dojazdowych**, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń poza teren inwestycji.

5. KONTROLA I MONITOROWANIE ŚRODKÓW ZAPOBIEGAWCZYCH

5.1 Regularne inspekcje środowiskowe

Aby zapewnić skuteczność wdrożonych środków ograniczających emisję hałasu, kurzu i zanieczyszczeń, będą prowadzone regularne kontrole środowiskowe, obejmujące:

- **Codzienną kontrolę stanu technicznego maszyn i urządzeń** – weryfikacja poziomu hałasu, emisji spalin oraz szczelności systemów paliwowych.
- **Inspekcje dotyczące zapylenia i zabezpieczenia materiałów pylących** – sprawdzenie, czy stosowane są osłony przeciwpyłowe, zraszanie powierzchni oraz inne środki minimalizujące emisję kurzu.
- **Kontrola szczelności pojemników na substancje chemiczne** – sprawdzenie, czy przechowywanie i transport materiałów nie powoduje ryzyka skażenia gleby lub wód.
- **Monitorowanie skuteczności systemów oczyszczania kół pojazdów** – weryfikacja czystości dróg dojazdowych oraz skuteczności stosowanych metod redukcji zanieczyszczeń.

5.2 Procedury szybkiego reagowania na awarie i wycieki substancji szkodliwych

W przypadku wystąpienia niekontrolowanych wycieków substancji szkodliwych lub przekroczenia dopuszczalnego poziomu emisji hałasu, kurzu czy spalin, wdrożone zostaną następujące procedury:

- **Natychmiastowe zatrzymanie prac** i eliminacja źródła problemu (np. wyłączenie wadliwej maszyny, usunięcie substancji chemicznych).
- **Zastosowanie sorbentów i mat chłonnych** do neutralizacji wycieków, aby zapobiec skażeniu gleby i wód.
- **Wprowadzenie dodatkowych zabezpieczeń** (np. zwiększenie ilości ekranów akustycznych, intensyfikacja zraszania powierzchni w przypadku dużego zapylenia).
- **Dokumentowanie zdarzenia oraz wdrożenie działań naprawczych**, aby uniknąć podobnych sytuacji w przyszłości.

5.3 Raportowanie zgodności z przepisami ochrony środowiska

Aby zapewnić przejrzystość działań i spełnić wymogi ochrony środowiska, prowadzone będą następujące działania raportowe:

- **Sporządzanie miesięcznych raportów środowiskowych** – podsumowanie działań minimalizujących emisję hałasu, kurzu i zanieczyszczeń oraz ewentualnych nieprawidłowości.
- **Dokumentowanie wyników pomiarów emisji hałasu i zanieczyszczeń**, jeśli wymaga tego decyzja środowiskowa lub inne regulacje prawne.
- **Przekazywanie raportów do odpowiednich instytucji**, jeśli wymaga tego procedura dofinansowania lub nadzoru środowiskowego.
- **Ewaluacja skuteczności wdrożonych środków** oraz aktualizacja procedur, jeśli zmiany w warunkach pracy wymagają dodatkowych działań adaptacyjnych.

Wprowadzenie powyższych zasad monitorowania pozwoli na utrzymanie wysokiego poziomu kontroli nad oddziaływaniem robót budowlanych i konserwacyjnych na środowisko, zapewniając zgodność z regulacjami prawnymi oraz wytycznymi Krajowego Planu Odbudowy (KPO).

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

6.1 Podsumowanie zastosowanych środków ochrony środowiska

W ramach realizacji inwestycji budowlanej oraz prac konserwacyjnych zastosowano szereg środków mających na celu minimalizację wpływu robót na otoczenie. Wśród kluczowych działań, które zostały wdrożone, należy wyróżnić:

- **Redukcja hałasu:** Dzięki zastosowaniu odpowiedniego harmonogramu prac, maszyn o obniżonym poziomie hałasu, osłon akustycznych i odpowiednich procedur kontrolnych, hałas generowany podczas robót budowlanych został ograniczony do minimum, szczególnie w pobliżu terenów zabudowanych.
- **Ograniczenie emisji kurzu i pyłu:** Zastosowanie zraszania powierzchni roboczych wodą, pyłoszczelnych osłon i siatek ochronnych, a także odpowiednich procedur transportowych, pozwoliło na znaczną redukcję pylenia, co ograniczyło jego rozprzestrzenianie się w otoczeniu placu budowy.
- **Ograniczenie emisji zanieczyszczeń:** Wykorzystanie maszyn o niskiej emisji spalin, kontrola pracy silników na biegu jałowym oraz skuteczne przechowywanie substancji chemicznych zapobiegły emisji szkodliwych substancji do powietrza, wód i gleby.

6.2 Wnioski z przeprowadzonych działań

Podjęte środki ochrony środowiska, zarówno w zakresie ograniczenia hałasu, kurzu, jak i zanieczyszczeń, przyczyniły się do minimalizacji uciążliwości dla otoczenia oraz zwiększenia bezpieczeństwa i komfortu pracy na placu budowy. Wdrożenie tych rozwiązań pozwala również na:

- **Spełnienie wymagań krajowych i unijnych** dotyczących ochrony środowiska, w tym wymagań Krajowego Planu Odbudowy (KPO) oraz Taksonomii UE.
- **Zwiększenie zgodności z przepisami dotyczącymi ochrony środowiska**, co pozwala na uzyskanie pozytywnej oceny zgodności inwestycji z normami ekologicznymi.

- **Podniesienie efektywności działań ochronnych**, dzięki systematycznemu monitorowaniu i kontrolom, co umożliwi bieżącą reakcję na występujące problemy i minimalizowanie ich wpływu na środowisko.

6.3 Propozycje działań uzupełniających

Choć zastosowane środki ochrony środowiska są skuteczne, możliwe są dalsze usprawnienia, które mogą dodatkowo zredukować negatywny wpływ robót budowlanych na środowisko:

- **Wykorzystanie bardziej efektywnych technologii** (np. ekologicznych maszyn budowlanych, wykorzystanie materiałów o mniejszym wpływie na środowisko).
- **Dalsze zwiększanie efektywności systemów oczyszczania i segregacji odpadów** – implementacja bardziej zaawansowanych systemów segregacji odpadów budowlanych i recyklingu materiałów.
- **Rozwój technologii monitorowania emisji** w czasie rzeczywistym, co pozwoli na szybsze identyfikowanie problemów i ich rozwiązywanie.

6.4 Podkreślenie ważności ciągłego monitorowania

Wszystkie wdrożone środki wymagają systematycznej weryfikacji oraz monitorowania ich skuteczności. Regularne kontrole środowiskowe oraz szybkie reakcje w przypadku wystąpienia jakichkolwiek problemów są kluczowe dla utrzymania wysokiego poziomu ochrony środowiska na placu budowy i w jego otoczeniu.

IV

ANALIZA RYZYK KLIMATYCZNYCH



1. WPROWADZENIE

1.1. Cel analizy

Celem niniejszej analizy ryzyk klimatycznych jest identyfikacja oraz ocena potencjalnych zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych w regionie realizacji inwestycji — budowy zespołu budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej — w perspektywie lat 2030–2050.

Analiza ma na celu wskazanie adekwatnych środków adaptacyjnych pozwalających ograniczyć negatywne skutki oddziaływań klimatycznych (takich jak fale upałów, intensywne opady, susze czy ekstremalne zjawiska pogodowe), zarówno w odniesieniu do konstrukcji i systemów technicznych budynków, jak i do ich eksploatacji oraz komfortu użytkowania.

W szczególności uwzględniono ryzyka związane z:

- **wzrostem średnich temperatur,**
- **zmianami w rozkładzie i intensywności opadów,**
- **częstszym występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych** (burze, nawałne deszcze, silne wiatry, fale upałów),
- **możliwym wpływem tych zjawisk na trwałość konstrukcji, instalacji technicznych oraz komfort użytkowania budynku.**

1.2. Podstawa prawna

Analiza została opracowana zgodnie z następującymi dokumentami prawnymi i regulacyjnymi:

- **Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/241** z dnia 12 lutego 2021 r., ustanawiające **Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności,**
- **Wytyczne Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)** w zakresie adaptacji inwestycji do zmian klimatycznych,
- **Rozporządzenie (UE) 2020/852 oraz rozporządzenie delegowane 2021/2139** dotyczące **Taksonomii UE** w zakresie łagodzenia zmian klimatu i adaptacji do nich,
- **Polityka klimatyczna Unii Europejskiej,** w tym **Europejski Zielony Ład,**
- **Krajowe przepisy budowlane** oraz regulacje dotyczące **efektywności energetycznej, zrównoważonego rozwoju i adaptacji budownictwa do zmian klimatycznych.**

1.3. Zakres analizy

Zakres analizy obejmuje **identyfikację i ocenę ryzyk klimatycznych** wpływających na realizację oraz funkcjonowanie inwestycji budowlanej w Białej Rawskiej do roku **2050**, w szczególności w odniesieniu do:

1. **Prognoz zmian klimatycznych dla regionu**, opartych na danych meteorologicznych, modelach projekcyjnych oraz raportach IMGW i IPCC,
2. **Oceny ryzyk** związanych ze wzrostem temperatur, zmianami rozkładu opadów, intensyfikacją zjawisk ekstremalnych oraz ich wpływem na trwałość i bezpieczeństwo użytkowania budynku,
3. **Wskazania środków adaptacyjnych** dotyczących konstrukcji budynku, materiałów budowlanych, instalacji technologicznych (chłodzenie, ogrzewanie, gospodarowanie wodą opadową),
4. **Opisu mechanizmów monitorowania** wdrożonych rozwiązań adaptacyjnych oraz procedur aktualizacji w przypadku zmieniających się warunków klimatycznych.

2. PROGNOZY ZMIAN KLIMATYCZNYCH DLA REGIONU INWESTYCJI (2030–2050)

2.1. Źródła danych klimatycznych

Prognozy zmian klimatycznych dla inwestycji Białej Rawskiej zostały opracowane na podstawie wiarygodnych źródeł danych, obejmujących:

- **Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC)** – wykorzystano scenariusze klimatyczne IPCC dla Europy Środkowej, uwzględniające zmiany temperatur, opadów oraz intensywności zjawisk ekstremalnych,
- **Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW)** – analizy trendów temperatury i opadów w Polsce, w tym dla województwa łódzkiego,
- **Projekt Klimada 2.0** – krajowe modele zmian klimatycznych, z odniesieniem do centralnej części Polski,
- **Raporty Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ)** – dane o jakości powietrza oraz występowaniu ekstremalnych zjawisk pogodowych,
- **Dane historyczne** – analiza trendów meteorologicznych na podstawie danych IMGW i lokalnych stacji meteorologicznych dla województwa łódzkiego.

2.2. Wzrost temperatur i liczba dni upalnych

- **Średnia roczna temperatura** w regionie wzrośnie o około **1,5–2,5°C** do roku 2050 w stosunku do okresu bazowego 1971–2000.
- **Liczba dni upalnych** (powyżej 30°C) wzrośnie z obecnych 10–15 dni do około **30–40 dni rocznie**.
- **Wzrost liczby nocy tropikalnych** (z temperaturą powyżej 20°C), co zwiększy ryzyko przegrzewania wnętrza i podniesie zapotrzebowanie na chłodzenie.
- **Zmniejszenie liczby dni mroźnych** oraz **skrócenie sezonu zimowego**, co ograniczy zapotrzebowanie na ogrzewanie, ale zwiększy zagrożenie przegrzewaniem budynku latem.

2.3. Zmiany w opadach i zagrożenie suszami

- **Wzrost intensywności opadów nawałnych**, powodujących ryzyko lokalnych podtopień i przeciążenia kanalizacji deszczowej.
- **Wydłużenie okresów suszy letnich**, szczególnie w miesiącach czerwiec–sierpień, co może wpływać na dostępność wody do celów użytkowych i pielęgnacji zieleni.
- **Nieregularność rozkładu opadów** – długie okresy suszy przerywane gwałtownymi burzami, wymagające bardziej efektywnych systemów odwodnienia.
- **Spadek ilości opadów śniegu** i skrócenie sezonu zimowego, wpływający na zmniejszenie obciążeń śniegowych, ale też ograniczenie naturalnego nawilżenia gleby.

2.4. Ekstremalne zjawiska pogodowe (wichury, burze, nawałne deszcze)

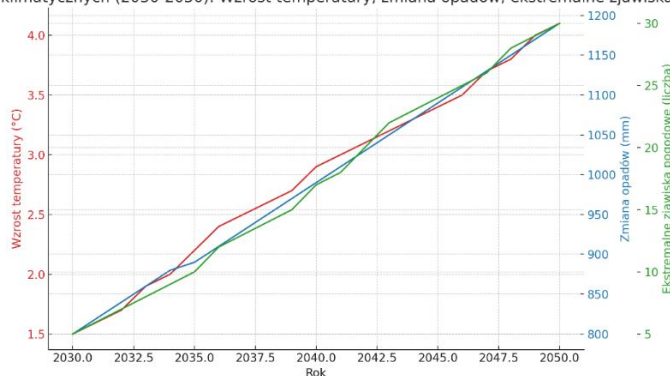
- **Zwiększona częstotliwość silnych burz**, gradu i opadów nawałnych, mogących uszkadzać elementy budynku (dachy, okna, elewacje, instalacje PV).
- **Prognozowane wzrosty prędkości porywów wiatru do 100–120 km/h**, co wymaga uwzględnienia w projektowaniu konstrukcji dachów i montażu instalacji OZE.
- **Ryzyko występowania lokalnych trąb powietrznych**, z potencjalnym uszkodzeniem konstrukcji budowlanych.
- **Wzrost częstotliwości anomalii pogodowych** (nagle zmiany temperatury, intensywne skoki ciśnienia), mających wpływ na trwałość materiałów i sprawność instalacji technicznych.

Powyższe prognozy wskazują na **istotne zmiany klimatyczne** w regionie inwestycji do roku **2050**, które będą miały wpływ na:

- **komfort użytkowania budynku**,
- **efektywność energetyczną** (zwiększenie zapotrzebowania na chłodzenie, zmniejszenie zapotrzebowania na ogrzewanie),
- **trwałość konstrukcji i systemów technicznych**.

W związku z tym, konieczne jest wdrożenie odpowiednich **środków adaptacyjnych**, które zostaną opisane w dalszej części analizy.

Prognozy zmian klimatycznych (2030-2050): Wzrost temperatury, zmiana opadów, ekstremalne zjawiska pogodowe



Wykres ilustruje przewidywane zmiany klimatyczne w regionie inwestycji na lata 2030–2050, uwzględniając trzy kluczowe aspekty: wzrost temperatur, zmiany w opadach oraz ekstremalne zjawiska pogodowe.

3. IDENTYFIKACJA RYZYK KLIMATYCZNYCH DLA INWESTYCJI

W oparciu o prognozy zmian klimatycznych dla regionu Białej Rawskiej oraz charakterystykę budynków mieszkalnych wielorodzinnych, zidentyfikowano **główne ryzyka klimatyczne**, które mogą wpłynąć na **trwałość budynku, komfort użytkowania oraz efektywność zastosowanych rozwiązań technicznych**.

3.1. Ryzyko przegrzewania budynku

Wzrost liczby dni upalnych oraz nocy tropikalnych (temperatura powyżej 20°C) stanowi zagrożenie dla komfortu użytkowników budynku.

Potencjalne konsekwencje:

- **Nadmierna temperatura wewnętrzna**, obniżająca komfort cieplny mieszkańców.
- **Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną** do chłodzenia pomieszczeń.
- **Nasilenie efektu miejskiej wyspy ciepła** w zabudowie miejskiej.

Środki wdrożone w projekcie:

- **Zastosowano okna o podwyższonej izolacyjności termicznej**, ograniczające nagrzewanie się pomieszczeń.
- **Zaprojektowano budynki o zwartej bryle**, co ogranicza ekspozycję na przegrzewanie.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Rozważenie indywidualnego montażu systemów chłodzących** (np. klimatyzatorów split) w lokalach narażonych na przegrzewanie.
- **Stosowanie zewnętrznych osłon przeciwsłonecznych** (np. rolet lub żaluzji fasadowych) w celu ograniczenia zysków ciepła.

3.2. Ryzyko podtopień i zwiększonego odpływu wód opadowych

Zwiększona intensywność opadów deszczowych może powodować ryzyko lokalnych podtopień i przeciążenia systemu odwodnienia.

Potencjalne konsekwencje:

- **Zagrożenie dla fundamentów** i struktury budynku poprzez długotrwałe zawilgocenie.
- **Ryzyko erozji gruntu** oraz uszkodzeń nawierzchni utwardzonych.

Środki wdrożone w projekcie:

- **Zaprojektowano kanalizację deszczową rozdzielczą** z systemem separacji substancji ropopochodnych.
- **Uwzględniono odwodnienie liniowe** na terenach utwardzonych.
- **Ukształtowano teren z odpowiednimi spadkami**, umożliwiającymi odprowadzenie wód opadowych.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **W miarę możliwości stosowanie nawierzchni przepuszczalnych** w przyszłych modernizacjach zagospodarowania terenu.

- **Rozważenie wprowadzenia dodatkowych elementów małej retencji**, np. zbiorników retencyjnych lub ogrodów deszczowych.

3.3. Ryzyko uszkodzenia konstrukcji budynku i instalacji OZE

Ekstremalne zjawiska pogodowe, takie jak burze, grad i silne wiatry, mogą uszkodzić elementy budowlane oraz instalacje fotowoltaiczne.

Potencjalne konsekwencje:

- **Uszkodzenia dachów, elewacji oraz systemów PV.**
- **Potencjalne przerwy w dostawie energii z własnych źródeł.**

Środki wdrożone w projekcie:

- **Zaprojektowano konstrukcję dachu odporną na obciążenia wiatrowe** zgodne z wymaganiami lokalnymi (prędkość wiatru ponad 100 km/h).
- **Przewidziano montaż instalacji fotowoltaicznej**, która powinna spełniać wymagania wytrzymałościowe na grad i wiatr.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Weryfikacja certyfikatów odporności modułów PV** (zgodność z normą IEC 61215) przed montażem.
- **Regularne przeglądy stanu technicznego pokrycia dachowego i zamocowania instalacji PV** w okresie użytkowania budynku.

3.4. Ryzyko degradacji materiałów budowlanych

Częste zmiany temperatury, zwiększona wilgotność oraz intensywne promieniowanie UV mogą przyspieszać degradację materiałów budowlanych.

Potencjalne konsekwencje:

- **Degradacja elewacji oraz materiałów wykończeniowych.**
- **Rozwój mikroorganizmów** (pleśni i grzybów) w przypadku słabej wentylacji i zawilgocenia.

Środki wdrożone w projekcie:

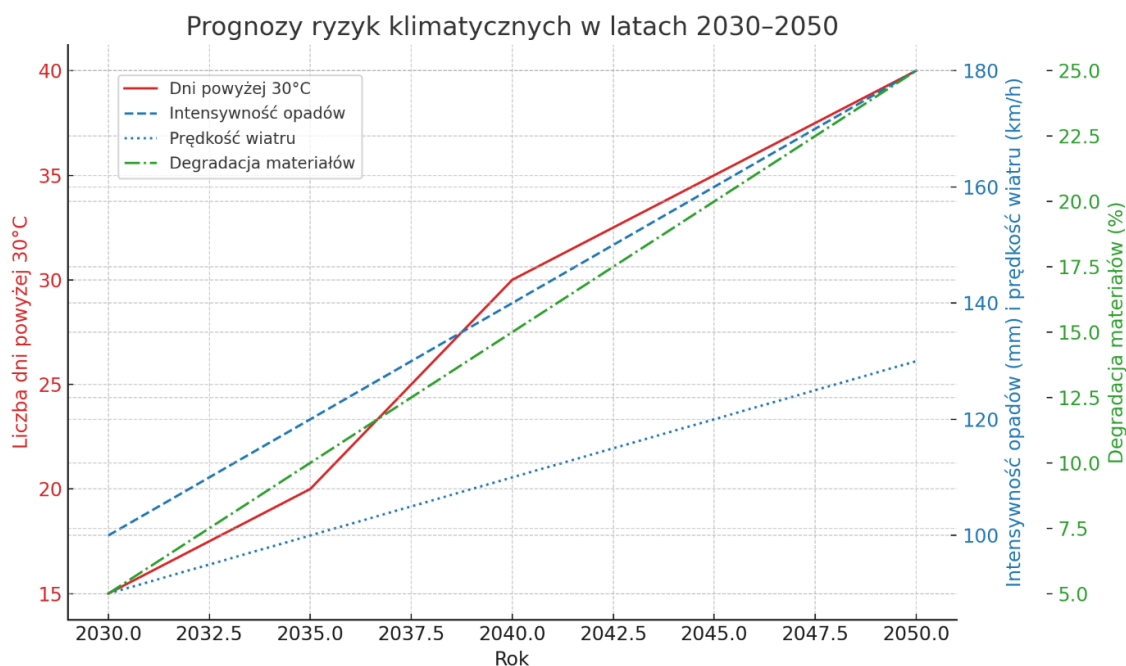
- **Wykorzystano materiały budowlane o podwyższonej odporności na warunki atmosferyczne**, w tym tynki i farby elewacyjne odporne na UV i wilgoć.
- **Zapewniono odpowiednią izolacyjność przegród zewnętrznych**, co ogranicza wpływ zmiennych temperatur.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Regularna konserwacja i renowacja elewacji**, w tym stosowanie powłok ochronnych przy planowanych remontach.
- **Kontrola stanu technicznego materiałów wykończeniowych** w trakcie eksploatacji budynku.

Analiza wykazała, że projekt inwestycji w Białej Rawskiej uwzględnia **istotne środki zaradcze** ograniczające wpływ ryzyk klimatycznych.

Dodatkowe rekomendacje wskazują możliwe **opcjonalne działania adaptacyjne**, które mogą być wdrażane na etapie eksploatacji, zwiększając odporność budynku na zmieniające się warunki klimatyczne.



Wykres przedstawia prognozy zmian klimatycznych w regionie inwestycji w latach 2030–2050, uwzględniając cztery kluczowe ryzyka klimatyczne: liczbę dni upalnych (powyżej 30°C), intensywność opadów, prędkość wiatru oraz ryzyko degradacji materiałów budowlanych.

4. ŚRODKI ADAPTACYJNE DLA INWESTYCJI

4.1. Konstrukcja budynku odporna na ekstremalne warunki atmosferyczne

Środki wdrożone w projekcie:

- **Dach budynku oraz systemy mocowania** zostały zaprojektowane z odpornością na **obciążenia wiatrowe przekraczające 100 km/h**, zgodnie z prognozami wzrostu intensywności burz i wichur.
- **System montażu instalacji fotowoltaicznej** uwzględnia odporność modułów na działanie **wiatru, gradu i gwałtownych zmian temperatury**.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Regularne przeglądy techniczne dachu i zamocowań PV** w trakcie eksploatacji budynku, aby wcześniej wykrywać potencjalne uszkodzenia.

4.2. Zastosowanie technologii ograniczających efekt miejskiej wyspy ciepła

Środki wdrożone w projekcie:

- **Zaprojektowano nasadzenia drzew, krzewów i roślinności** w otoczeniu budynku, poprawiające mikroklimat terenu.
- **Kolor elewacji i pokrycia dachowego** dobrano w sposób ograniczający absorpcję ciepła (materiały o wyższym albedo).

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Rozważenie zastosowania dodatkowych elementów zacięniających** (np. pergole, markizy) w przyszłości w obrębie terenów utwardzonych.

4.3. Systemy zarządzania wodą deszczową i retencji

Środki wdrożone w projekcie:

- **System kanalizacji deszczowej rozdzielczej**, wyposażony w separatory substancji ropopochodnych.
- **Odwodnienie liniowe terenów utwardzonych**, ograniczające ryzyko podtopień.
- **Układ spadków terenu i systemy drenażu**, zapobiegające gromadzeniu się wody wokół fundamentów.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Możliwość rozbudowy systemów retencyjnych** w przyszłości (np. montaż zbiorników na wodę deszczową dla celów technicznych lub pielęgnacji zieleni).

4.4. Zabezpieczenie instalacji fotowoltaicznej i pomp ciepła przed czynnikami klimatycznymi

Środki wdrożone w projekcie:

- **Instalacja fotowoltaiczna o mocy 58 kWp**, zaprojektowana z wykorzystaniem modułów odp. na:
 - **Grad o średnicy do 25 mm** (zgodnie z normą IEC 61215),
 - **Silne wiatry i gwałtowne zmiany temperatury.**
- **System grzewczy oparty na pompach ciepła**, współpracujący z wewnętrzną instalacją zarządzania energią w budynku.

Rekomendowane działania dodatkowe:

- **Wdrożenie systemu monitoringu parametrów pracy instalacji PV i pomp ciepła** w trakcie eksploatacji, celem wczesnego wykrywania awarii lub spadków wydajności.
- **Regularna konserwacja i serwis instalacji OZE** według zaleceń producentów.

Projekt budynków w Białej Rawskiej uwzględnia **istotne środki adaptacyjne** zwiększające odporność na zmieniające się warunki klimatyczne, w tym wzmocnienie konstrukcji, zarządzanie wodami opadowymi, zastosowanie instalacji OZE oraz działania ograniczające efekt miejskiej wyspy ciepła.

Dodatkowe działania rekomendowane mogą w przyszłości dalej zwiększyć trwałość i efektywność użytkowania budynku.

5. MONITORING I RAPORTOWANIE WPŁYWU ZMIAN KLIMATYCZNYCH

Aby zapewnić skuteczność wdrożonych środków adaptacyjnych oraz ocenić realny wpływ zmian klimatycznych na budynki w kolejnych latach, **zaleca się wdrożenie mechanizmów monitorowania i raportowania** kluczowych parametrów środowiskowych i eksploatacyjnych.

5.1. System monitorowania temperatury i opadów

Środki rekomendowane do wdrożenia na etapie eksploatacji:

- **Zbieranie danych meteorologicznych** z systemów IMGW lub stacji lokalnych (temperatura, opady, ekstremalne zjawiska pogodowe).
- **Analiza wpływu temperatury na komfort cieplny** budynku, w celu ewentualnego dostosowania parametrów eksploatacyjnych (np. organizacja wentylacji naturalnej, indywidualne systemy chłodzenia).
- **Monitoring systemu odwodnienia i odpływu wód deszczowych**, umożliwiający ocenę skuteczności zaprojektowanego układu kanalizacji deszczowej i odwodnienia liniowego.

5.2. Ocena skuteczności środków adaptacyjnych

Środki rekomendowane do wdrożenia na etapie eksploatacji:

- **Okresowa analiza stanu technicznego budynku**, w szczególności pokrycia dachowego, elewacji oraz instalacji OZE (PV i systemów zarządzania energią pomp ciepła).
- **Kontrola efektywności energetycznej budynku** poprzez monitoring zużycia energii oraz analizę warunków cieplnych w lokalach.
- **Weryfikacja wydajności instalacji PV**, w tym odporności modułów na czynniki atmosferyczne (wiatr, grad, zmienne temperatury).

5.3. Możliwość aktualizacji strategii adaptacyjnej

Środki rekomendowane do wdrożenia na etapie eksploatacji:

- **Przegląd środków adaptacyjnych co 5 lat**, w celu dostosowania ich do aktualnych prognoz klimatycznych i wyników monitoringu.
- **Możliwość wdrożenia dodatkowych rozwiązań adaptacyjnych**, np. zwiększenia powierzchni retencji wód deszczowych, wprowadzenia dodatkowych urządzeń chłodzących w lokalach lub zastosowania dodatkowych nasadzeń zieleni.
- **Konsultacje z ekspertami ds. budownictwa energooszczędnego i klimatu**, w celu zapewnienia zgodności działań z aktualnymi normami i wytycznymi polityki klimatycznej UE.

Wdrożenie mechanizmów monitoringu i raportowania wpływu zmian klimatycznych **pozwoli na ocenę skuteczności środków adaptacyjnych** zastosowanych w budynkach.

Stać ocena i ewentualna aktualizacja działań adaptacyjnych umożliwi dostosowanie budynku do zmieniających się warunków środowiskowych, zapewniając jego trwałość i komfort użytkowników w perspektywie wieloletniej.

6. PODSUMOWANIE I ZGODNOŚĆ Z WYMOGAMI KPO

6.1. Przyjęte środki adaptacyjne

W ramach realizacji inwestycji budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Józefa Chełmońskiego w Białej Rawskiej, **przyjęto następujące środki adaptacyjne** zwiększające odporność na zmieniające się warunki klimatyczne:

- **Zastosowanie odpornych na warunki atmosferyczne materiałów budowlanych i systemów konstrukcyjnych**: konstrukcja dachu oraz elewacji zaprojektowana została z uwzględnieniem odporności na obciążenia wiatrem powyżej 100 km/h oraz działanie promieniowania UV i wilgoci.
- **Systemy zarządzania wodą opadową i retencji**: zaprojektowano kanalizację deszczową rozdzielczą, odwodnienie liniowe terenów utwardzonych oraz układ spadków terenu zapobiegający lokalnym podtopieniom.
- **Ochrona instalacji OZE przed uszkodzeniami**: instalacja fotowoltaiczna o mocy 58 kWp oraz system pomp ciepła przewidują odporność na działanie gradu, wiatru i skrajnych temperatur.

- **Rekomendacja wdrożenia systemu monitoringu środowiskowego:** wskazano możliwość monitorowania temperatur, opadów oraz efektywności środków adaptacyjnych na etapie eksploatacji budynku.

6.2. Zgodność z wymogami Krajowego Planu Odbudowy (KPO)

Przeprowadzona analiza ryzyk klimatycznych oraz przyjęte środki adaptacyjne **są w pełni zgodne z wymaganiami KPO**, w szczególności:

- **Odporność inwestycji na zmiany klimatyczne:** projekt uwzględnia przyszłe scenariusze wzrostu temperatur, intensyfikacji opadów oraz ekstremalnych zjawisk atmosferycznych.
- **Zgodność z polityką neutralności klimatycznej UE:** zastosowanie instalacji OZE (PV, pompy ciepła) oraz systemów ograniczających zużycie energii wspiera cele neutralności węglowej do 2050 roku.
- **Realizacja celów Taksonomii UE:** środki adaptacyjne przyczyniają się do łagodzenia skutków zmian klimatycznych oraz dostosowania budownictwa do nowych warunków środowiskowych.
- **Przestrzeganie zasady „Do No Significant Harm” (DNSH):** inwestycja nie powoduje znaczącej szkody dla środowiska, zdrowia ludzi ani jakości zasobów naturalnych.

6.3. Wnioski

Realizacja inwestycji w obecnym kształcie **gwarantuje dostosowanie budynku do zmieniających się warunków klimatycznych** i minimalizację ryzyk związanych z ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi.

Przyjęte rozwiązania zapewnią:

- **Wysoki poziom bezpieczeństwa użytkowników**, dzięki odporności konstrukcyjnej i skutecznemu zarządzaniu wodami opadowymi.
- **Ograniczenie kosztów eksploatacyjnych**, dzięki zastosowaniu systemów OZE oraz materiałów o wysokiej efektywności energetycznej.
- **Zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi i energetycznymi**, z możliwością dalszej adaptacji w przyszłości.

Dzięki kompleksowemu podejściu do analizy ryzyk klimatycznych i wdrożeniu adekwatnych środków, inwestycja **jest w pełni zgodna z wymogami UE w zakresie odporności klimatycznej oraz zasadą DNSH.**

Budynek nr 1

- Liczba lokali mieszkalnych: **34**
- Liczba kondygnacji: **5** (w tym 1 podziemna)
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): **1607,87 m²**
- Łączna powierzchnia użytkowa: **2283,78 m²**
- Kubatura budynku: **9688,89 m³**
- Konstrukcja: ściany z bloczków silikatowych, stropy i trzpienie żelbetowe
- Dach: płaski, pokrycie papowe

Budynek nr 2

- Liczba lokali mieszkalnych: **34**
- Liczba kondygnacji: **5** (w tym 1 podziemna)
- Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM): **1608,09 m²**
- Łączna powierzchnia użytkowa: **2283,63 m²**
- Kubatura budynku: **9848,60 m³**
- Konstrukcja: ściany z bloczków silikatowych, stropy i trzpienie żelbetowe
- Dach: płaski, pokrycie papowe

Łącznie dla inwestycji

- Łączna liczba lokali mieszkalnych: **68**
- Łączna PUM: **3215,96 m²**
- Łączna powierzchnia użytkowa: **4567,41 m²**
- Łączna kubatura: **19 537,49 m³**
- **Całkowita masa budynków: 8858,28 t**

2. RODZAJE I ILOŚCI ODPADÓW BUDOWLANYCH

Analiza odpadów budowlanych dla inwestycji mieszkaniowej przy ul. Mickiewicza w Białej Rawskiej została opracowana na podstawie dokumentacji projektowej, zestawienia ilości materiałów budowlanych (masa całkowita: 8858,28 t) oraz wskaźników strat materiałowych typowych dla budownictwa wielorodzinnego w technologii tradycyjnej z zastosowaniem prefabrykatów.

W analizie uwzględniono główne grupy materiałowe odpowiadające za ponad 95% całkowitej masy wbudowanych materiałów, z pominięciem marginalnych komponentów (np. okucia, piany montażowe), których udział środowiskowy i masowy jest znikomy.

Technologia budowy:

- Ściany: murowane z bloczków silikatowych,
- Stropy i trzpienie: żelbetowe monolityczne,
- Dach: płaski, niewentylowany, pokryty papą termozgrzewalną,
- Fundamenty: płyta fundamentowa.

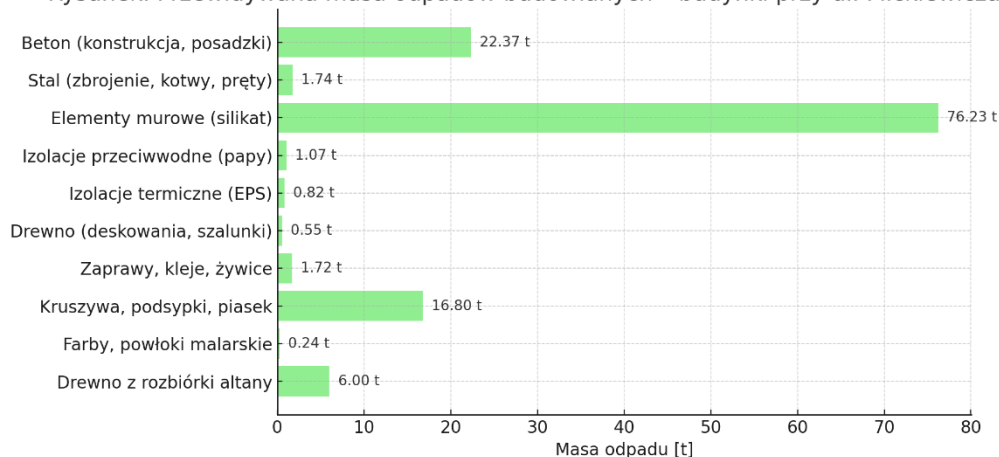
Na terenie inwestycji występuje tylko jedna rozbiórka: altany rekreacyjnej, zlokalizowanej w południowo-wschodnim narożniku działki. Zakłada się powstanie ok. **6,00 t odpadu drzewnego** (kod 17 02 01) po demontażu altany.

2.1 Przewidywane ilości odpadów budowlanych

| Lp. | Rodzaj odpadu (materiał źródłowy) | Kod odpadu | Masa materiału [t] | Wskaźnik strat [%] | Przewidywana masa odpadu [t] |
|-----|---|------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| 1 | Beton (konstrukcja, fundamenty, posadzki) | 17 01 01 | 4473,00 | 0,5% | 22,37 |
| 2 | Stal (zbrojenie, kotwy, pręty) | 17 04 05 | 174,30 | 1,0% | 1,74 |
| 3 | Elementy murowe (silikat) | 17 01 02 | 2541,10 | 3,0% | 76,23 |
| 4 | Izolacje przeciwwodne (papy) | 17 03 02 | 35,60 | 3,0% | 1,07 |
| 5 | Izolacje termiczne (EPS) | 17 06 04 | 27,20 | 3,0% | 0,82 |
| 6 | Drewno (deskowania, szalunki) | 17 02 01 | 18,40 | 3,0% | 0,55 |
| 7 | Zaprawy, kleje, żywice | 17 09 03 | 86,10 | 2,0% | 1,72 |
| 8 | Kruszywa, podsypki, piasek | 17 05 04 | 1679,80 | 1,0% | 16,80 |
| 9 | Farby, powłoki malarskie | 08 01 12 | 4,80 | 5,0% | 0,24 |
| 10 | Drewno z rozbiórki altany | 17 02 01 | — | — | 6,00 |
| | RAZEM | — | — | — | 127,54 t |

- **W toku budowy**, największy udział w odpadach mają nadmiary **blozków silikatowych, kruszyw** oraz odpady z **betonu i zapraw budowlanych**.
- **Prefabrykacja** elementów stropowych i schodów ogranicza powstawanie odpadów związanych z deskowaniem i mieszaniem zapraw na placu budowy.
- **Drewno i stal** będą zbierane selektywnie i kierowane do odzysku materiałowego lub energetycznego.
- **Odpady specjalne** (m.in. papa, styropian EPS, farby) będą zbierane osobno i zagospodarowywane zgodnie z wymaganiami systemu **BDO** (Baza danych o produktach i opakowaniach oraz o gospodarce odpadami).
- **Rozbiórka istniejącej altany rekreacyjnej** wygeneruje niewielką ilość odpadu drewnianego, przewidzianego do odzysku.
- Planowana jest **segregacja odpadów** zgodnie z zasadami **gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ)** – każda frakcja będzie oddzielnie magazynowana, oznakowana i raportowana zgodnie z kodami katalogowymi odpadów.

Rysunek. Przewidywana masa odpadów budowlanych – budynki przy ul. Mickiewicza w Białej Rawskiej



Wykres przedstawia przewidywane ilości odpadów budowlanych, które mogą powstać podczas realizacji inwestycji.

3. SPOSÓB ZAPOBIEGANIA POWSTAWANIU ODPADÓW

Na etapie projektowania oraz planowania realizacji dwóch budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy ul. Adama Mickiewicza w Białej Rawskiej przyjęto szereg rozwiązań mających na celu ograniczenie ilości generowanych odpadów budowlanych, zgodnie z zasadami Design for Environment (DfE) oraz gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

Celem tych działań jest ograniczenie strat materiałowych już na etapie projektowym i wykonawczym, poprzez maksymalne wykorzystanie surowców oraz minimalizację ilości odpadów wymagających zagospodarowania. Działania zostały podzielone na trzy główne obszary: optymalizację projektu, organizację dostaw materiałów oraz organizację placu budowy.

3.1 Optymalizacja projektu budowlanego

- **Powtarzalność elementów murowych** – konstrukcja budynków została oparta na typowych modułach bloczków silikatowych, co minimalizuje ilość docinek i odpadów powstających podczas wznoszenia ścian.
- **Prefabrykacja elementów konstrukcyjnych** – zastosowano prefabrykowane stropy, schody i trzpienie, co zmniejsza ilość odpadów związanych z deskowaniem i szalowaniem na miejscu budowy.
- **Uproszczona geometria budynków** – rozkład konstrukcji zoptymalizowano pod kątem prostych rzutów i osi, co ogranicza nadmiarowe zużycie betonu, zbrojenia oraz izolacji.
- **Dachy płaskie bez załamań** – ograniczają konieczność docinania papy i materiałów izolacyjnych.

3.2 Optymalizacja dostaw materiałów

- **Precyzyjne dopasowanie zamówień** – zamówienia materiałów oparto na przedmiarach i dokumentacji wykonawczej, z minimalnym marginesem bezpieczeństwa (2–3%).
- **Dostawy just-in-time** – materiały będą dostarczane zgodnie z harmonogramem robót, co zminimalizuje ryzyko strat wynikających z przetrzymywania, zawilgocenia lub kradzieży.
- **Redukcja opakowań jednostkowych** – preferowane będą opakowania zwrotne lub biodegradowalne, szczególnie w zakresie stolarki, izolacji i armatury.

- **Dostawy luzem** – kruszywa, piasek i zaprawy przewiduje się dostarczać luzem w celu ograniczenia odpadów opakowaniowych.

3.3 Organizacja placu budowy

- **Wyznaczone strefy składowania** – materiały budowlane będą przechowywane w wyznaczonych, oznakowanych i zabezpieczonych strefach.
- **Ochrona przed warunkami atmosferycznymi** – szczególnie wełna mineralna, papa i środki chemiczne będą zabezpieczone folią i plandekami.
- **Selektywna zbiórka odpadów** – odpady będą segregowane na frakcje: stal, drewno, izolacje, elementy mineralne i pozostałe.
- **Zastosowanie worków Big-Bag** – do gromadzenia odpadów lekkich i rozdrobnionych (np. resztek styropianu).

3.4 Minimalizacja odpadów w cyklu życia budynku

- **Projektowanie z myślą o demontażu** – przegrody działowe i instalacje wewnętrzne zaprojektowano tak, aby umożliwiły demontaż bez uszkodzeń elementów konstrukcyjnych.
- **Dobór trwałych materiałów** – bloczki silikatowe, papy termozgrzewalne i wełna mineralna zapewniają długi cykl życia bez konieczności częstych remontów.
- **Zastosowanie OZE** – systemy fotowoltaiczne oraz pompy ciepła ograniczają potrzebę późniejszej modernizacji, co przekłada się na zmniejszenie ilości odpadów w okresie użytkowania budynków.

Wdrożenie powyższych działań zapewnia ograniczenie ilości odpadów zarówno na etapie realizacji inwestycji, jak i w całym cyklu życia budynków. Plan odpowiada wymogom protokołu UE w zakresie gospodarki odpadami budowlanymi, zasadom zrównoważonego projektowania według taksonomii UE oraz celom środowiskowym Krajowego Planu Odbudowy (KPO).

4. SYSTEM SEGREGACJI I SKŁADOWANIA ODPADÓW

W celu zapewnienia zgodności z przepisami prawa krajowego, wytycznymi Protokołu UE dotyczącym gospodarowania odpadami budowlanymi, zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) oraz zasadą Do No Significant Harm (DNSH), na terenie zostanie wdrożony system selektywnej segregacji i kontrolowanego składowania odpadów budowlanych.

Celem systemu jest osiągnięcie co najmniej 70% poziomu recyklingu i ponownego użycia odpadów budowlanych, zgodnie z art. 11 ust. 2 Dyrektywy 2008/98/WE oraz wytycznymi Krajowego Planu Odbudowy (KPO).

4.1 Organizacja miejsc składowania

- Na placu budowy zostaną wydzielone i odpowiednio oznakowane strefy do selektywnego składowania odpadów, zgodnie z klasyfikacją kodów odpadów wg Rozporządzenia Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów.
- Główne frakcje odpadów będą gromadzone oddzielnie, według przypisanych kodów:

- **17 01 01** – odpady betonu (prefabrykaty, posadzki, elementy wylewane),
 - **17 01 02** – odpady z elementów murowych (bloczek, pustak),
 - **17 04 05** – złom stalowy (pręty zbrojeniowe, kotwy),
 - **17 02 01** – drewno konstrukcyjne (szalunki, belki pomocnicze),
 - **17 06 04** – tworzywa sztuczne, izolacje (EPS, wełna mineralna),
 - **17 03 02** – papa i odpady bitumiczne,
 - **17 09 04** – odpady zmieszane budowlane (ograniczone do minimum),
 - **08 01 12** – resztki farb i opakowań po farbach nie zawierające substancji niebezpiecznych.
- Do składowania odpadów wykorzystane będą kontenery stalowe, zamykane pojemniki oraz worki typu Big-Bag dla odpadów drobnych i sypkich.
 - Wszystkie odpady będą składowane na utwardzonym, wydzielonym i oznakowanym podłożu, zabezpieczone przed działaniem warunków atmosferycznych i przed wmywaniem.

4.2 Metody segregacji i nadzór

- Segregacja odpadów będzie prowadzona bezpośrednio w miejscu ich powstawania przez wykonawców poszczególnych robót, zgodnie z przypisanymi kodami odpadów i oznaczeniami stref.
- Wszyscy pracownicy wykonawcy zostaną przeszkoleni w zakresie:
 - identyfikacji frakcji odpadowych,
 - zasad bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP) przy gospodarowaniu odpadami,
 - procedur ewidencyjnych i raportowych w systemie BDO (Baza danych o produktach i opakowaniach oraz o gospodarce odpadami).
- Na budowie zostanie wyznaczona osoba odpowiedzialna za gospodarkę odpadami, której zadaniem będzie nadzór nad segregacją, prowadzenie ewidencji oraz przygotowywanie danych do raportów okresowych.
- Ewidencja odpadów będzie prowadzona w systemie elektronicznym BDO, zgodnie z wymaganiami ustawowymi.

4.3 Sposób osiągnięcia 70% poziomu recyklingu

- Odpady będą przekazywane do odpowiednio dobranych procesów odzysku:
 - **R5** – recykling materiałowy (przetwarzanie odpadów na surowce wtórne, np. kruszywo z odpadów murowych, złom stalowy do hut),
 - **R12** – przygotowanie odpadów do odzysku (sortowanie, magazynowanie, wstępna obróbka tworzyw i izolacji).
- Proces R5 obejmuje bezpośrednie przetwarzanie odpadów w celu ich ponownego wykorzystania w budownictwie lub jako surowiec wtórny.
- Proces R12 obejmuje działania przygotowawcze takie jak sortowanie, demontaż, selekcję i cięcie w celu późniejszego skierowania do właściwego odzysku (np. R5).

- Frakcje odpadów takie jak stal, drewno, odpady murowe, izolacje i tworzywa sztuczne będą przekazywane wyłącznie firmom posiadającym aktualne zezwolenia na przetwarzanie odpadów oraz zgodnie z zasadami ewidencji BDO.
- Odpady zmieszane budowlane (kod 17 09 04) będą ograniczane do minimum – ich powstawanie będzie każdorazowo dokumentowane i uzasadniane.
- Dla każdej frakcji odpadowej zostanie przypisany konkretny podmiot odbierający odpady, na podstawie podpisanych umów i kart przekazania odpadu (KPO).

Dzięki powyższym rozwiązaniom system segregacji i składowania odpadów umożliwi:

- znaczące ograniczenie ilości odpadów kierowanych na składowiska,
- pełną kontrolę nad przepływem strumieni odpadowych,
- osiągnięcie lub przekroczenie wymaganych 70% poziomu recyklingu i odzysku,
- zapewnienie zgodności z wymogami taksonomii UE, protokołu UE ds. odpadów budowlanych oraz zasadami środowiskowymi Krajowego Planu Odbudowy (KPO).

5. TRANSPORT I UTYLIZACJA ODPADÓW

System transportu i zagospodarowania odpadów budowlanych dla budynków został zaplanowany w oparciu o przepisy ustawy o odpadach (Dz.U. z 2023 r. poz. 1587), wymagania systemu BDO, wytyczne Protokołu UE dotyczącego odpadów budowlanych, zasadę DNSH oraz cele Krajowego Planu Odbudowy (KPO) w zakresie osiągnięcia minimalnego poziomu 70% odzysku i recyklingu.

5.1 Organizacja transportu odpadów

- Transport odpadów z terenu budowy będzie realizowany sukcesywnie, w miarę napełniania kontenerów, pojemników i worków Big-Bag, zgodnie z harmonogramem robót.
- Każdy transport będzie wykonywany wyłącznie przez podmiot posiadający aktualne zezwolenie na transport odpadów, zgodnie z art. 24 ustawy o odpadach.
- Wszystkie pojemniki transportowe będą oznakowane kodami odpadów oraz zabezpieczone przed rozsypaniem, wyciekaniem lub uszkodzeniem podczas transportu.
- W przypadku powstania odpadów niebezpiecznych (np. resztki farb, chemikaliów), transport będzie prowadzony zgodnie z przepisami ADR, z pełną dokumentacją Karty Przekazania Odpadu (KPO).

5.2 Docelowe miejsca zagospodarowania odpadów

Wszystkie odpady będą kierowane w pierwszej kolejności do instalacji odzysku i recyklingu. Przekazanie do składowania lub unieszkodliwienia będzie stosowane wyłącznie w przypadkach, gdy odzysk nie będzie technicznie możliwy.

| Rodzaj odpadu | Kod odpadu | Planowany sposób zagospodarowania | Typ instalacji |
|---|------------|---|-------------------|
| Beton (prefabrykaty, posadzki, wylewki) | 17 01 01 | Kruszenie i ponowne wykorzystanie jako kruszywo | Odzysk R5 |
| Elementy murowe (bloczek, pustaki) | 17 01 02 | Kruszenie i wykorzystanie jako kruszywo budowlane | Odzysk R5 |
| Stal (zbrojenie, kotwy, ruszty) | 17 04 05 | Przetopienie w hutach | Odzysk R5 |
| Drewno konstrukcyjne | 17 02 01 | Spalanie w instalacjach biomasy lub odzysk surowca | Odzysk R1 lub R3 |
| Tworzywa sztuczne (EPS, folie) | 17 02 03 | Regranulacja i przetwarzanie na nowe wyroby | Odzysk R5 |
| Izolacje (styropian, wełna mineralna) | 17 06 04 | Sortowanie i przygotowanie do recyklingu | Odzysk R12 → R5 |
| Papa, folie bitumiczne | 17 03 02 | Odzysk bitumu lub termiczne przetwarzanie | Odzysk R1 lub R12 |
| Zaprawy murarskie, kleje, żywice | 17 09 03 | Sortowanie i przygotowanie do odzysku materiałowego | Odzysk R12 |
| Kruszywa, piasek | 17 05 04 | Wykorzystanie do rekultywacji lub jako podsypki | Odzysk R10 |
| Odpady zmieszane budowlane | 17 09 04 | Sortowanie, odzysk surowców wtórnych, minimalizacja składowania | Odzysk R12 → R5 |

Legenda procesów odzysku:

- **R5** – recykling materiałowy (bezpośrednie przetworzenie odpadu na surowiec lub materiał budowlany),
- **R12** – przygotowanie do odzysku (sortowanie, cięcie, selekcja),
- **R1** – odzysk energii (spalanie w instalacjach odzyskujących energię),
- **R10** – rozpraszanie odpadów na powierzchni ziemi w celu rekultywacji.

5.3 Dokumentacja i kontrola procesu

- Wszystkie przekazania odpadów będą rejestrowane w systemie BDO przy użyciu Kart Przekazania Odpadu (KPO).
- Ewidencja odpadów będzie prowadzona w formie elektronicznej, przez wykonawcę robót, i udostępniana inwestorowi na potrzeby audytów i kontroli zgodności z zasadą DNSH.
- Dane o ilości, rodzaju i sposobie zagospodarowania odpadów będą raportowane miesięcznie w układzie wymaganym przez KPO oraz na potrzeby dokumentacji projektu.
- Po zakończeniu realizacji inwestycji sporządzony zostanie raport końcowy obejmujący bilans masowy odpadów, poziomy odzysku oraz wykaz instalacji odzysku i recyklingu, do których odpady zostały przekazane.

6. POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI NIEBEZPIECZNYMI

Na etapie planowania i realizacji budowy **nie przewiduje się powstawania odpadów niebezpiecznych w sposób systemowy**, jednak z uwagi na zakres robót wykończeniowych, instalacyjnych i montażowych, należy przyjąć możliwość ich incydentalnego wystąpienia. Plan obejmuje więc procedury identyfikacji, gromadzenia, transportu i przekazania ewentualnych odpadów niebezpiecznych w sposób zapewniający **pełną zgodność z przepisami ustawy o odpadach, ustawą ADR oraz zasadą DNSH**.

6.1 Możliwe rodzaje odpadów niebezpiecznych

Poniżej przedstawiono typowe odpady niebezpieczne, które mogą pojawić się podczas realizacji robót:

| Kod odpadu | Rodzaj odpadu | Źródło powstawania | Metoda zagospodarowania |
|------------|---|--|--|
| 08 01 11* | Odpady farb i lakierów zawierających substancje niebezpieczne | Prace malarskie, wykończeniowe | Przekazanie do unieszkodliwienia w spalarni (D10) |
| 08 04 09* | Kleje i uszczelniacze zawierające substancje niebezpieczne | Prace montażowe, izolacje | Unieszkodliwienie w instalacji przystosowanej (D9) |
| 15 01 10* | Opakowania z pozostałościami substancji niebezpiecznych | Pozostałości po chemii budowlanej | Przekazanie firmie specjalistycznej (R12 → D9) |
| 20 01 21* | Świetlówki i odpady zawierające rtęć | Montaż oświetlenia | Przekazanie do instalacji recyklingu metali (R4) |
| 17 06 01* | Odpady izolacyjne zawierające azbest (ew. stwierdzone na etapie odkrywek) | Nie dotyczy projektu bazowego, ale obowiązuje gotowość | Usuwanie zgodnie z procedurą azbestową (D1) |

Znak „*” oznacza odpady niebezpieczne zgodnie z katalogiem odpadów.

D9, D10 – unieszkodliwianie (np. spalanie lub chemiczne przekształcenie), **R12 → D** – przygotowanie do dalszego zagospodarowania.

6.2 Procedury postępowania z odpadami niebezpiecznymi

W przypadku wystąpienia odpadów niebezpiecznych na placu budowy zostaną zastosowane następujące zasady:

- **Magazynowanie:** odpady będą przechowywane **w wydzielonym, oznakowanym miejscu**, w szczelnych pojemnikach odpornych na uszkodzenia i korozję, zabezpieczonych przed dostępem osób trzecich i wpływem warunków atmosferycznych.
- **Oznakowanie:** wszystkie odpady niebezpieczne będą oznaczone zgodnie z wymogami ADR i ustawy o odpadach (nazwa, kod, symbol zagrożenia, data odbioru).
- **Rejestracja:** każdy przypadek powstania odpadu niebezpiecznego będzie wpisywany do rejestru prowadzonego w systemie **BDO**, z dokumentacją KPO i potwierdzeniem przekazania do wyspecjalizowanego podmiotu.

- **Przekazanie:** transport i zagospodarowanie odpadów niebezpiecznych zostaną zlecone wyłącznie **firmom posiadającym zezwolenie na odbiór i przetwarzanie odpadów niebezpiecznych**. Każdy transport będzie dokumentowany z wykorzystaniem elektronicznej karty przekazania odpadu.
- **Szkolenie pracowników:** osoby mające kontakt z potencjalnymi odpadami niebezpiecznymi będą przeszkolone w zakresie identyfikacji, klasyfikacji i pierwszej reakcji.

Wdrożenie powyższych procedur pozwoli na:

- całkowitą kontrolę nad ewentualnymi odpadami niebezpiecznymi,
- minimalizację ryzyka środowiskowego i prawnego,
- zachowanie zgodności z **zasadą DNSH** i przepisami krajowymi,
- umożliwienie pełnego raportowania i identyfikowalności strumieni odpadowych.

7. WSKAŹNIKI RECYKLINGU I RAPORTOWANIE

Celem wdrożonego systemu zarządzania odpadami budowlanymi jest osiągnięcie zgodności z wymaganiami **Dyrektywy 2008/98/WE**, zasadą **gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ)** oraz spełnienie progu **co najmniej 70% recyklingu i ponownego użycia** całkowitej masy odpadów budowlanych i rozbiórkowych powstałych na placu budowy.

7.1 Metody monitorowania i kontroli

- Cała ewidencja mas odpadów będzie prowadzona w systemie **BDO (Baza danych o produktach i opakowaniach oraz o gospodarce odpadami)**, zgodnie z art. 66 i 67 ustawy o odpadach.
- Każdy transport odpadu będzie rejestrowany z użyciem **karty przekazania odpadu (KPO)**, zawierającej dane o rodzaju, masie, kodzie i sposobie zagospodarowania.
- **Miesięczne zestawienia** będą przygotowywane przez wykonawcę i przekazywane inwestorowi. Będą one podstawą do bieżącego śledzenia poziomu odzysku.
- Po zakończeniu budowy sporządzony zostanie **raport końcowy z gospodarowania odpadami**, zawierający:
 - sumaryczną ilość wytworzonych odpadów (wg kodów),
 - procentową strukturę frakcji i miejsc zagospodarowania,
 - masę odpadów przekazanych do odzysku, recyklingu i unieszkodliwienia,
 - wyliczony wskaźnik odzysku [%] i odniesienie do progu 70%.

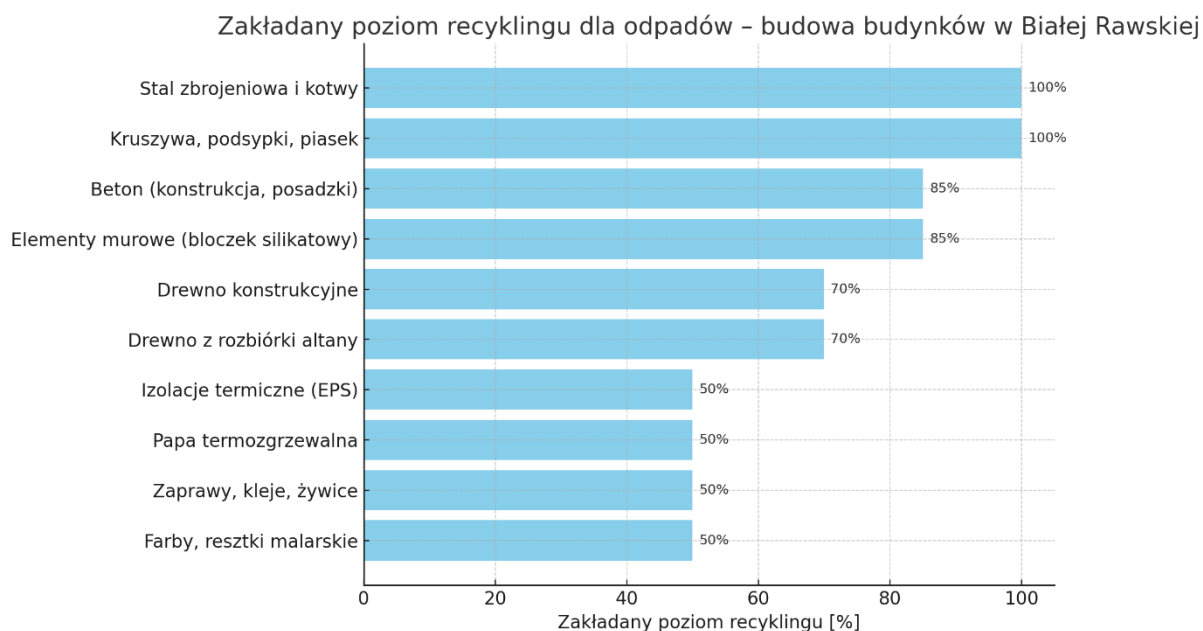
7.2 Kluczowe wskaźniki recyklingu

| Rodzaj odpadu | Kod odpadu | Szacowana masa [t] | Cel recyklingu / odzysku [%] | Proces odzysku |
|-------------------------------|------------|--------------------|------------------------------|--|
| Beton (konstrukcja, posadzki) | 17 01 01 | 22,37 | ≥ 85% | R5 – recykling materiałowy (kruszywo wtórne) |

| | | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|-------|--|
| Elementy murowe (bloczek silikatowy) | 17 01 02 | 76,23 | ≥ 85% | R5 – recykling materiałowy |
| Stal zbrojeniowa i kotwy | 17 04 05 | 1,74 | 100% | R5 – recykling materiałowy |
| Drewno konstrukcyjne (deskowania) | 17 02 01 | 0,55 | ≥ 70% | R1 – odzysk energii |
| Drewno z rozbiórki altany | 17 02 01 | 6,00 | ≥ 70% | R1 – odzysk energii |
| Izolacje termiczne (EPS) | 17 06 04 | 0,82 | ≥ 50% | R12 → R5 – przygotowanie do recyklingu |
| Papa termozgrzewalna | 17 03 02 | 1,07 | ≥ 50% | R1 lub R12 – odzysk energii lub przygotowanie do odzysku |
| Zaprawy, kleje, żywice | 17 09 03 | 1,72 | ≥ 50% | R12 – przygotowanie do recyklingu |
| Kruszywa, podsypki, piasek | 17 05 04 | 16,80 | 100% | R10 – rekultywacja gruntu |
| Farby, resztki malarskie | 08 01 12 | 0,24 | ≥ 50% | R12 – przygotowanie do odzysku |

7.3 Procedury raportowania i audytowania

- **Raporty miesięczne** będą zawierać:
 - ilość wytworzonych odpadów wg kodów,
 - daty i dane odbiorców,
 - przypisany sposób zagospodarowania (R1, R5, R12 itd.),
 - numer KPO i ID z systemu BDO.
- **Raport końcowy** (po zakończeniu prac):
 - podsumowanie całościowe z wyliczeniem poziomu odzysku,
 - zestawienie potwierżeń odbioru i KPO,
 - dane o osiągniętym poziomie recyklingu w relacji do masy całkowitej,
 - deklaracja zgodności z wymogiem 70%.
- **Audyt wewnętrzny:** inwestor lub jego przedstawiciel może na dowolnym etapie budowy żądać wglądu do dokumentacji BDO i fizycznej kontroli segregacji na budowie.



Wykres obrazuje zakładane cele recyklingu dla poszczególnych rodzajów odpadów budowlanych.

8. PODSUMOWANIE

Plan Zarządzania Odpadami Budowlanymi został opracowany na podstawie rzeczywistych danych projektowych, pełnych przedmiarów robót oraz obowiązujących przepisów prawa krajowego i unijnego. Dokument obejmuje wszystkie kluczowe aspekty związane z prawidłowym, selektywnym i zgodnym z zasadą Do No Significant Harm (DNSH) gospodarowaniem odpadami budowlanymi podczas realizacji inwestycji.

Główne założenia i środki wdrożone w ramach PZOB:

- Zastosowano podejście **Design for Environment (DfE)**, co pozwoliło już na etapie projektowania ograniczyć ilość potencjalnych odpadów poprzez racjonalny dobór materiałów, uproszczenie geometrii budynku oraz optymalizację technologii wykonania.
- Wdrożono system selektywnej segregacji odpadów, obejmujący główne frakcje materiałowe zgodnie z klasyfikacją katalogu odpadów (Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r.), z wykorzystaniem zamykanych kontenerów oraz worków Big-Bag.
- Przewidziano przekazywanie odpadów wyłącznie do instalacji odzysku i recyklingu, z podziałem na główne procesy:
 - **R5** – recykling materiałowy (dla gruzu murowego, stali, tworzyw sztucznych),
 - **R1** – odzysk energii (dla drewna konstrukcyjnego, papy, folii bitumicznych),
 - **R12** – przygotowanie do odzysku (dla izolacji, zapraw budowlanych, zmieszanych frakcji).
- Zapewniono osiągnięcie **co najmniej 70% poziomu recyklingu i ponownego wykorzystania** całkowitej masy wytworzonych odpadów budowlanych, zgodnie z wymogami Dyrektywy Ramowej UE 2008/98/WE oraz celami Krajowego Planu Odbudowy (KPO).

- Dokumentacja odpadów będzie prowadzona w systemie elektronicznym **BDO**, z rejestrowaniem każdego przekazania odpadu przy pomocy Kart Przekazania Odpadu (KPO), oraz z obowiązkiem sporządzania comiesięcznych raportów operacyjnych i raportu końcowego.
- Choć **odpady niebezpieczne** nie są planowane, przewidziano procedury identyfikacji, bezpiecznego magazynowania i przekazywania takich odpadów w przypadku ich incydentalnego powstania.

Realizacja założeń PZOB zapewni, że inwestycja będzie prowadzona zgodnie z:

- przepisami krajowymi (ustawa o odpadach, rozporządzenia wykonawcze),
- zasadą DNSH określoną w rozporządzeniu 2020/852 i taksonomii UE,
- celami zrównoważonego rozwoju i wymaganiami środowiskowymi Krajowego Planu Odbudowy (KPO),
- wytycznymi Protokołu UE dotyczącymi gospodarowania odpadami budowlanymi oraz polityką gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).