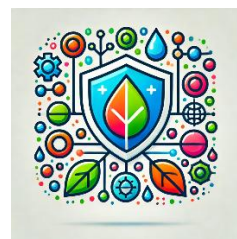


KOMPLEKSOWA STRATEGIA ŚRODOWISKOWA DLA INWESTYCJI BUDOWLANEJ

pn.: „Budowa 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej wraz z infrastrukturą techniczną na działkach o nr ewid. 4496, 4497 w Inowłodzu, gm. Inowódz, pow. tomaszowski, woj. łódzkie”



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 zespołu 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej**, zlokalizowanych w miejscowości **Inowłódz**, na działkach o numerach ewidencyjnych **4496 oraz 4497** (obręb 0003, jednostka ewidencyjna 101605_2 Inowłódz, powiat tomaszowski, województwo łódzkie). Inwestorem przedsięwzięcia jest **SIM KZN ŁÓDZKIE CENTRUM Sp. z o.o.** z siedzibą w Tomaszowie Mazowieckim.

Inwestycja realizowana jest na podstawie **pozwolenia na budowę nr 120/2024 z dnia 06.03.2024 r.**, wydanego przez **Starostę Tomaszowskiego** (znak: WAB.6740.645.2023), zatwierdzającego projekt zagospodarowania terenu oraz projekt architektoniczno-budowlany, obejmujący również infrastrukturę techniczną (drogi wewnętrzne, miejsca postojowe, przyłącza, zbiorniki bezodpływowe, oświetlenie, wiaty śmietnikowe oraz mikroinstalacje fotowoltaiczne).

Celem niniejszego opracowania jest **kompleksowa ocena oddziaływań inwestycji na środowisko w ujęciu cyklu życia (Life Cycle Assessment – LCA)**, z uwzględnieniem wymogów środowiskowych Unii Europejskiej oraz zasadą „**Do No Significant Harm**” (DNSH), zgodnie z:

- Rozporządzeniem delegowanym Komisji Europejskiej 2021/2139 z dnia 4 czerwca 2021 r.,
- normą EN 15978 (dotyczącą oceny wpływu budynków na środowisko),
- systemem Level(s),
- krajowymi wytycznymi wynikającymi z Krajowego Planu Odbudowy (KPO) i polityki klimatycznej UE.


W ramach niniejszego opracowania przedstawiono:

- **Scenariusz LCA** budynków, obejmujący etapy:
 - A1–A3 (wydobycie i produkcja materiałów),
 - A4–A5 (transport, montaż),
 - B1–B7 (użytkowanie, w tym zużycie energii, wody, emisje),
 - C1–C4 (demontaż i utylizacja),
 - D1 (korzyści środowiskowe z odzysku materiałów).
- **Analizę zgodności z zasadą DNSH** w zakresie:
 - łagodzenia zmian klimatu,
 - adaptacji do zmian klimatycznych,
 - zrównoważonej gospodarki wodnej,
 - GOZ (gospodarki o obiegu zamkniętym),
 - ochrony bioróżnorodności,
 - ograniczania zanieczyszczeń do wody, gleby i powietrza.
- **Środki minimalizacji emisji hałasu, pyłu i zanieczyszczeń** podczas realizacji robót budowlanych, ze szczególnym uwzględnieniem niskoemisyjnych technologii wykonania, transportu materiałów i organizacji placu budowy.
- **Analizę ryzyk klimatycznych** zgodnie z podejściem „climate-proofing” oraz wytycznymi Taxonomy Compass, w kontekście odporności inwestycji na ekstremalne zjawiska pogodowe.

- **Plan Zarządzania Odpadami Budowlanymi (PZOB)** opracowany zgodnie z zasadą hierarchii postępowania z odpadami, wymaganiami systemu BDO oraz wytycznymi KPO i KE dotyczącymi odpadów budowlanych.

Zamierzeniem inwestora jest **realizacja zespołu budynków mieszkalnych o podwyższonym standardzie środowiskowym i energetycznym**, z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (OZE), niskoemisyjnych instalacji (pompy ciepła, PV), systemów racjonalnej gospodarki wodnej oraz ograniczonym wpływem na otoczenie naturalne i społeczne.

Opracowanie to pełni również funkcję dokumentu roboczego dla **Generalnego Wykonawcy oraz zespołów projektowych i nadzoru**, którzy odpowiadają za realizację inwestycji zgodnie z przyjętymi założeniami środowiskowymi w całym cyklu życia projektu.

I	<p style="text-align: center;">SCENARIUSZ OCENY CYKLU ŻYCIA (LCA) BUDYNKU ZGODNIE Z PN-EN 15978</p>	
---	--	---

1. WSTĘP

Projekt zespołu budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej, zlokalizowany w Inowłodzu (działki nr 4496 i 4497), został opracowany zgodnie z zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)**, co oznacza, że jego realizacja nie powoduje znaczących szkód dla środowiska na żadnym etapie cyklu życia.

Każdy z budynków osiąga roczny wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (EP) na poziomie **49,48 kWh/(m²·rok)**. Projekt spełnia tym samym wymagania krajowych przepisów technicznych, jak i cele klimatyczne UE oraz założenia systemu Level(s).

Wysoka efektywność energetyczna została osiągnięta dzięki przemyślanym rozwiązaniom projektowym, takim jak:

- **Niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe** zasilane przez **powietrzne pompy ciepła typu split**,
- **Mikroinstalacje fotowoltaiczne** o mocy **6,83 kWp na każdy budynek** (podzielone na instalację dla parteru i poddasza), działające w systemie prosumenckim,
- **Wysokiej klasy izolacja przegród budowlanych:**
 - Ściany zewnętrzne: $U \leq 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Dach: $U \leq 0,10 - 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Stolarka okienna: $U \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zagospodarowanie terenu obejmuje: drogi wewnętrzne, chodniki, miejsca postojowe, oświetlenie zewnętrzne LED, wiaty śmietnikowe oraz zieleni urządzoną. Dla każdego budynku przewidziano **szczelny zbiornik bezodpływowy na ścieki bytowe o pojemności 10,0 m³**.

W celu adaptacji do zmian klimatu oraz ograniczenia odpływu wód powierzchniowych zastosowano duży udział powierzchni biologicznie czynnej oraz rozwiązania retencyjne umożliwiające infiltrację wód opadowych.

Projekt jest zgodny z zasadami zrównoważonego budownictwa i może być kwalifikowany do mechanizmów wsparcia finansowego w ramach programów klimatycznych UE.

1.1. Moduły cyklu życia budynku zgodne z PN-EN 15978

Ocena oddziaływania inwestycji na środowisko została oparta na strukturze cyklu życia budynku zgodnie z normą **PN-EN 15978:2012**, która obejmuje wszystkie etapy – od pozyskania surowców, przez realizację budowy i eksploatację obiektu, aż po jego rozbiórkę oraz potencjalne korzyści środowiskowe uzyskane poza systemem (np. recykling materiałów).

W analizie środowiskowej inwestycji w Inowłodzu uwzględnione zostaną następujące moduły:

Moduł A – Etap produktu i budowy:

- **A1:** Pozyskanie i przetwarzanie surowców naturalnych, niezbędnych do produkcji materiałów budowlanych,
- **A2:** Transport surowców do zakładów produkcyjnych,
- **A3:** Proces wytwarzania materiałów i wyrobów budowlanych,
- **A4:** Transport materiałów na plac budowy,
- **A5:** Proces realizacji inwestycji (roboty budowlano-montażowe, organizacja zaplecza).

Moduł B – Etap użytkowania budynku:

- **B1:** Codzienne użytkowanie budynku i jego wpływ środowiskowy,
- **B2:** Planowa konserwacja i utrzymanie techniczne,
- **B3:** Bieżące naprawy elementów i instalacji,
- **B4:** Wymiana komponentów w przewidywanym okresie eksploatacji,
- **B5:** Renowacje i modernizacje,
- **B6:** Zapotrzebowanie na energię użytkową w okresie eksploatacji,
- **B7:** Zużycie wody w cyklu życia budynku.

Moduł C – Etap końca życia budynku:

- **C1:** Demontaż i rozbiórka elementów budynku,
- **C2:** Transport powstałych odpadów budowlanych do punktów przetwarzania,
- **C3:** Obróbka i odzysk odpadów budowlanych,
- **C4:** Składowanie pozostałości na legalnych składowiskach.

Moduł D – Korzyści poza granicami systemu:

- **D1:** Potencjalny odzysk materiałów i energii, możliwy do wykorzystania w kolejnych cyklach produkcyjnych (np. stal, aluminium, płyty OSB),
- **D2:** Możliwość ponownego wykorzystania wybranych elementów budynku (np. drewna, konstrukcji stalowych) w innych inwestycjach.

1.2. Granice systemu

Analiza cyklu życia budynku została przeprowadzona z uwzględnieniem kluczowych komponentów konstrukcyjnych i materiałowych, mających istotny udział w całkowitym wpływie środowiskowym obiektu. Przyjęte granice systemu odpowiadają wymaganiom normy **PN-EN 15978** i zostały zdefiniowane w sposób zapewniający reprezentatywność oraz możliwość porównania z innymi obiektami mieszkaniowymi.

Zakres analizy obejmuje:

Elementy konstrukcyjne budynku:

- Fundamenty żelbetowe,

- Ściany nośne z betonu oraz elementów murowych (bloczek silikatowy, pustaki ceramiczne),
- Stropy żelbetowe,
- Konstrukcję dachu drewnianą (więźba), dwuspadową, z warstwami wykończeniowymi i izolacyjnymi.

Izolacje budowlane:

- Izolacje przeciwwilgociowe (folie budowlane, warstwy zabezpieczające podposadzkowe),
- Izolacje przeciwwodne (papy termozgrzewalne),
- Izolacje termiczne (wełna mineralna i styropian EPS).

Stolarka zewnętrzna:

- Okna i drzwi zewnętrzne wykonane z profili PVC i aluminium z przeszkleniami o współczynniku $U \leq 0,90$ W/m²K.

Ściany działowe:

- Murowane z bloczków lub pustaków lekkich (np. gazobeton, silikat).

Posadzki:

- Warstwy podkładowe cementowe (jastrych), wylewki betonowe, podsypki piaskowo-kruszywowe.

Założenia dotyczące materiałów:

W analizie ujęto wszystkie materiały wbudowane, które stanowią **co najmniej 95% masy całkowitej budynku** lub wpływu środowiskowego, zgodnie z zasadą **reprezentatywności** (zgodność z podejściem Level(s)).

Pominięcia i uproszczenia:

- **Elementy marginalne:** Z analizy wyłączono komponenty o śladowym udziale środowiskowym, których wkład w całkowity wpływ nie przekracza **5%**, np. wykończenia wnętrz, drobne akcesoria montażowe.
- **Instalacje techniczne:** W ramach uproszczenia nie uwzględniono instalacji wewnętrznych (wod-kan, CO, elektrycznej, teletechnicznej), które mogą być objęte osobną oceną (np. w LCA instalacji).
- **Dane wejściowe:** Analiza została oparta na danych z przedmiarów robót i dokumentacji projektowej, z przypisaniem wskaźników środowiskowych na podstawie typowych profili EPD lub baz danych (np. One Click LCA, Ökobaudat).

Granice systemu zostały określone w taki sposób, aby umożliwić rzetelną ocenę środowiskową i porównywalność wyników z innymi obiektami mieszkalnymi analizowanymi w systemie Level(s) lub wg PN-EN 15978.

1.3. Podstawy prawne i normy

Opracowanie scenariusza środowiskowego budynku wielorodzinnego opiera się na obowiązujących normach, regulacjach i wytycznych środowiskowych, które mają na celu promowanie zrównoważonego budownictwa oraz realizację unijnych celów klimatycznych. Poniżej przedstawiono podstawy prawne i normy, które stanowią fundament analizy.

1.3.1. Podstawy prawne

1. **ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje, zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/2088**

- Wprowadza ramy ułatwiające zrównoważone inwestycje.
 - Określa zasady kwalifikacji działalności gospodarczej jako zrównoważonej środowiskowo, w tym zasadę DNSH („Do No Significant Harm” – „Nie czyni znaczącej szkody”).
- 2. ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2021/241 z dnia 12 lutego 2021 r. ustanawiające Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności**
- Wymaga, aby inwestycje realizowane w ramach funduszy unijnych nie wyrządzały szkody celom środowiskowym.
- 3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD - Energy Performance of Buildings Directive):**
- Określa minimalne wymagania dotyczące efektywności energetycznej budynków oraz cele w zakresie dekarbonizacji sektora budownictwa.
- 4. Polskie przepisy budowlane:**
- Ustawa Prawo budowlane oraz rozporządzenia dotyczące warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (np. efektywność energetyczna, izolacyjność termiczna).

1.3.2. Normy międzynarodowe i europejskie

- 1. EN 15978 – Ocena efektywności środowiskowej budynków:**
 - Ustanawia ramy dla oceny środowiskowej budynków w całym cyklu życia.
 - Określa zasady podziału cyklu życia na moduły (A, B, C, D) i definiuje wskaźniki środowiskowe, takie jak GWP, AP czy zużycie zasobów.
- 2. EN 15804 – Deklaracje środowiskowe dla wyrobów budowlanych:**
 - Zapewnia standaryzację danych wejściowych dla analizy LCA (Life Cycle Assessment).
 - Stanowi podstawę do wykorzystania deklaracji EPD (Environmental Product Declaration).
- 3. ISO 14040 i ISO 14044 – Ocena cyklu życia (LCA):**
 - Wyznaczają ramy metodologiczne do analizy wpływu produktów i procesów na środowisko.
- 4. Metodyka Level(s):**
 - Europejski system wskaźników środowiskowych dla budynków.
 - Promuje przejrzystość i standaryzację w raportowaniu wyników środowiskowych.

1.3.3. Cele środowiskowe Unii Europejskiej

- 1. Europejski Zielony Ład (European Green Deal):**
 - Neutralność klimatyczna UE do 2050 roku.
 - Redukcja emisji gazów cieplarnianych o 55% do 2030 roku.
- 2. Zasada DNSH (Do No Significant Harm):**
 - Wymaga, aby żadne działania w ramach inwestycji nie szkodziły celom środowiskowym określonym w art. 17 Rozporządzenia 2020/852, tj.:
 - Łagodzenie zmian klimatu,

- Adaptacja do zmian klimatu,
- Zrównoważone wykorzystanie zasobów wodnych,
- Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom,
- Gospodarka o obiegu zamkniętym,
- Ochrona bioróżnorodności i ekosystemów.

1.3.4. Wytyczne i narzędzia pomocnicze

1. **EPD (Environmental Product Declarations):**
 - Standaryzowane dane środowiskowe dla materiałów budowlanych.
2. **Bazy danych środowiskowych:**
 - Ecolinvent, One Click LCA, itp., wykorzystywane do obliczeń wskaźników środowiskowych.

1.4. Charakterystyka budynku

1.4.1. Podstawowe parametry techniczne

- **Rodzaj zabudowy:** mieszkaniowa jednorodzinna dwulokalowa, w zabudowie bliźniaczej.
- **Liczba budynków:** 10 (budynki nr 1–10).
- **Liczba lokali mieszkalnych:** 20 (po dwa w każdym budynku).
- **Kondygnacje:** parter + poddasze użytkowe.
- **Powierzchnia użytkowa budynku:** 151,31 m²,
- **Powierzchnia całkowita budynku:** 217,49 m²
- **Kubatura budynku:** 674,20 m³
- **Wymiary zabudowy:**
 - długość: ok. 12,65 m,
 - szerokość: ok. 8,27 m,
 - wysokość: 9,44 m.

1.4.2. Układ funkcjonalny i dostępność

- Każdy budynek zawiera 2 niezależne lokale mieszkalne z osobnymi wejściami.
- Układ mieszkań: salon z aneksem kuchennym, 2–3 pokoje, łazienka, WC, pomieszczenie techniczne, komunikacja.
- Lokale na parterze dostosowane do osób z ograniczoną mobilnością (brak progów, wejście z poziomu terenu).
- Przed budynkami przewidziano indywidualne miejsca postojowe.

1.4.3. Konstrukcja i materiały

- **Technologia budowy:** tradycyjna, ściany z betonu komórkowego gr. 24 cm, ocieplone styropianem EPS gr. 20 cm.
- **Stropy:** prefabrykowane typu Filigran.
- **Dach:** drewniany, dwuspadowy, kryty blachą na rąbek stojący, z izolacją z wełny mineralnej gr. 30 cm.

- **Izolacyjność cieplna:**
 - Ściany zewnętrzne: $U \leq 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Dach: $U \leq 0,10 - 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Stolarka okienna: $U \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Wykończenie elewacji:** tynki silikonowe w kolorach bieli i szarości.

1.4.4. Instalacje i źródła energii

- **Ogrzewanie i CWU:** indywidualne powietrzne pompy ciepła typu split (parter + poddasze).
- **System grzewczy:** wodny, niskotemperaturowy, ogrzewanie podłogowe w całym lokalu.
- **Wentylacja:** grawitacyjna.
- **Energia elektryczna:** z sieci niskiego napięcia.
- **Fotowoltaika:**
 - Każdy budynek wyposażony w instalację PV o mocy **ok. 6,83 kWp** (parter: 3,64 kWp, poddasze: 3,19 kWp).
 - Instalacja złożona z 15 paneli PV 455 Wp, pracujących w układzie on-grid, z optymalizatorami mocy.
 - **Łączna moc dla całej inwestycji:** ok. **68,3 kWp**.
- **System podłączenia:** energia z PV zasila potrzeby własne; nadwyżki oddawane do sieci przez licznik dwukierunkowy.

1.4.5. Zagospodarowanie terenu i dostępność

- Teren zagospodarowany indywidualnie dla każdej pary budynków: dojścia, podjazdy, zieleń, pergole śmietnikowe.
- Miejsca postojowe zapewnione na terenie działki – **po 1 na lokal**.
- Dojścia do lokali bez barier architektonicznych (partery).
- **Odwodnienie i ścieki:**
 - Odprowadzenie wód opadowych poprzez system rozsączający,
 - Ścieki sanitarne gromadzone w **zbiornikach bezodpływowych (szambach)**.

2. ZAŁOŻENIA ANALIZY

2.1. Dane wejściowe

Dane wejściowe do analizy scenariusza środowiskowego zostały opracowane na podstawie pełnej dokumentacji projektowej inwestycji realizowanej w Inowłodzu, obejmującej 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych. Uwzględniono również aktualne standardy europejskie oraz wiarygodne bazy danych środowiskowych. Dane te stanowią podstawę do przeprowadzenia obliczeń wskaźników środowiskowych w całym cyklu życia budynków – od etapu produkcji materiałów po koniec eksploatacji.

2.1.1. Źródła danych

1. Dokumentacja projektowa inwestycji:

- **Projekty architektoniczno-budowlane** budynków nr 1–10 (w tym wersje dla parzystych i nieparzystych),
- **Rzuty kondygnacji i przekroje**,
- **Charakterystyki energetyczne**,
- **Projekt zagospodarowania terenu (PZT)**: dane o lokalizacji, uzbrojeniu terenu, gospodarce wodno-ściekowej (zbiorniki bezodpływowe), miejscach postojowych, układzie pieszo-jezdnym.

2. Bazy danych środowiskowych:

- **EPD (Environmental Product Declarations)**: deklaracje środowiskowe dla głównych materiałów (m.in. beton, stal, izolacje, drewno).
- **Ecolinvent v3.9**: dane dotyczące emisji i nakładów energetycznych dla procesów produkcyjnych i transportowych.
- **One Click LCA**: referencyjne wartości LCA dla materiałów i systemów w sektorze budowlanym.
- **ITB-EPD (<https://www.itb.pl/itb-epds/>)**: krajowa baza EPD z danymi dla polskich produktów budowlanych.

3. Normy i wytyczne:

- **PN-EN 15978**: metodologia oceny środowiskowej budynków w cyklu życia.
- **PN-EN 15804**: deklaracje środowiskowe produktów budowlanych.
- **Level(s)**: ramy unijne dla środowiskowej oceny budynków w cyklu życia (z podziałem na makrocel 1–6).

2.1.2. Rodzaje danych

1. Materiały budowlane:

- Dane ilościowe na podstawie przedmiarów robót oraz rzutów architektonicznych.
- Właściwości materiałów (gęstość, współczynniki przenikania ciepła, trwałość) zgodne z EPD, normami lub danymi producentów.

2. Energia operacyjna:

- Dane na podstawie projektowanych charakterystyk energetycznych budynków: pompy ciepła typu powietrze-woda, fotowoltaika (6,83 kWp/budynek), ogrzewanie podłogowe.
- Obliczenia EP (energia pierwotna nieodnawialna) dla każdego budynku z dokumentacji „OZE”.

3. Transport materiałów:

- Przyjęto średni dystans transportu materiałów budowlanych na poziomie 100 km (normatywnie), z użyciem samochodów ciężarowych.
- Emisje transportowe zgodnie z bazą EcolInvent i uśrednionymi wskaźnikami dla pojazdów Euro V i VI.

4. Odpady budowlane i eksploatacyjne:

- Szacunkowe ilości odpadów z procesu budowlanego i końca życia budynku (moduły A5, C1–C4) określone zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami.
- Uwzględniono odzysk materiałów mineralnych i metali (moduł D), zgodnie z zasadą reprezentatywności.

2.2. Zakres materiałów wbudowanych

Kluczowe materiały wbudowane i ich ilości

Lp.	Materiał	J.m.	Ilość	Masa [t]	Udział [%]
1	Beton (fundamenty, konstrukcja, posadzki, kostka brukowa)	m ³	321,30	771,12	82,31
2	Stal (zbrojenie, kotwy, elementy montażowe)	t	11,84	11,84	1,26
3	Elementy murowe (błoczek, cegła, pustak)	m ³	126,41	88,49	9,44
4	Izolacje termiczne (styropian, wełna mineralna)	m ³	85,07	1,70	0,18
5	Stolarka otworowa (PCV, aluminium, szyby)	m ²	142,30	6,40	0,68
6	Zaprawy i kleje	m ³	9,45	17,01	1,82
7	Kruszywa i podsypki	m ³	18,80	33,83	3,61
RAZEM				930,39	100,00

UDZIAŁ W CAŁKOWITEJ MASIE BUDYNKU %



2.3. Jednostka funkcjonalna

W analizie środowiskowej inwestycji polegającej na budowie **10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w Inowłodzu** jednostka funkcjonalna stanowi podstawę do przeliczenia wpływów środowiskowych (takich jak emisja gazów cieplarnianych, zużycie energii, wody, zasobów naturalnych czy generowanie odpadów) na ujednoliconą wartość, umożliwiającą porównania pomiędzy różnymi projektami oraz ocenę ich efektywności środowiskowej.

W niniejszym opracowaniu jako jednostkę funkcjonalną przyjęto **powierzchnię użytkową całej inwestycji**, wynoszącą **1 513,10 m² PUM**, zgodnie z dokumentacją projektową. Powierzchnia ta obejmuje wszystkie 10 budynków (20 lokali mieszkalnych), wraz z częścią komunikacyjną i techniczną.

Uzasadnienie wyboru jednostki funkcjonalnej:

- Przyjęcie powierzchni użytkowej całej inwestycji jako jednostki funkcjonalnej pozwala objąć analizą wszystkie elementy konstrukcyjne i funkcjonalne obiektów, które generują wpływ środowiskowy.
- Taka jednostka jest spójna z podejściem stosowanym w metodyce **Level(s)**, gdzie kluczowe wskaźniki środowiskowe (takie jak GWP, zużycie energii czy odpady) odnoszone są do pełnej funkcji użytkowej analizowanego zespołu budynków.
- Dzięki temu rozwiązaniu możliwe jest przejrzyste porównanie wyników z innymi projektami mieszkaniowymi o podobnej skali, a także ocena wpływu środowiskowego całej inwestycji jako jednego przedsięwzięcia.

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

W analizie cyklu życia budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w Inowłodzu przyjęto granice systemu zgodnie z wytycznymi normy **PN-EN 15978**, która dzieli cykl życia budynku na cztery główne moduły: **A – Etap produktu i budowy**, **B – Etap użytkowania**, **C – Etap końca życia**, oraz **D – Etap poza systemem (korzyści z recyklingu)**.

Zakres analizy:

W niniejszym opracowaniu uwzględniono pełne moduły **A, B, C**, natomiast **moduł D** został potraktowany ilościowo – jako potencjalne korzyści środowiskowe wynikające z odzysku materiałów budowlanych po zakończeniu użytkowania budynków.

- **Moduł A:** obejmuje etapy od pozyskania surowców, przez produkcję materiałów budowlanych, transport na plac budowy, aż po sam proces budowy (A1–A5).
- **Moduł B:** dotyczy całego okresu użytkowania budynku – konserwacji, napraw, wymian, renowacji oraz zużycia energii i wody (B1–B7).
- **Moduł C:** uwzględnia demontaż, transport odpadów budowlanych, ich przetwarzanie i utylizację (C1–C4).
- **Moduł D:** obejmuje wpływ środowiskowy z tytułu odzysku materiałów, ich ponownego użycia i recyklingu – traktowany w sposób ogólny ze względu na brak szczegółowych danych.

Granice systemu zostały określone w sposób umożliwiający kompleksową ocenę środowiskową, a zarazem porównywalność wyników z innymi projektami mieszkaniowymi zgodnie z metodyką **Level(s)**.

2.5. Wyjaśnienie pominięć i uproszczeń

Ze względu na charakter opracowania oraz ograniczoną dostępność danych szczegółowych, zastosowano następujące uproszczenia i pominięcia:

Pominięcia:

1. Wpływ inwestycji na życie biologiczne gleby

Budowa prowadzona jest na terenie przekształconym i uzbrojonym, bez ingerencji w cenne ekosystemy glebowe – ten aspekt został pominięty.

2. Szczegółowe emisje z etapu budowy (A5)

Brak danych o konkretnych maszynach, paliwach i czasie pracy na budowie wymusił zastosowanie danych referencyjnych zamiast rzeczywistych pomiarów.

3. Reakcje chemiczne materiałów w czasie użytkowania

Nie uwzględniono ewentualnych przemian chemicznych materiałów (np. degradacji pod wpływem UV, wilgoci itp.), zakładając ich trwałość przez cały okres eksploatacji.

Uproszczenia:

1. Jednostka funkcjonalna

Przyjęto 1 m² powierzchni użytkowej budynku jako jednostkę odniesienia – zgodnie z najczęściej stosowaną praktyką oraz wytycznymi Level(s). Daje to możliwość porównań z innymi budynkami i analizami środowiskowymi.

2. Ograniczenie liczby analizowanych materiałów

W analizie ujęto tylko główne materiały konstrukcyjne i izolacyjne (beton, stal, bloczki, stolarka, kruszywa, izolacje). Materiały pomocnicze (np. farby, uszczelniacze) zostały pominięte jako nieistotne z punktu widzenia wpływu środowiskowego (poniżej 5%).

3. Uśrednione dane transportowe

Z uwagi na brak informacji o lokalizacji dostawców materiałów i dokładnych tras przewozu, przyjęto standardowe wartości emisji CO₂ dla transportu lokalnego.

Zastosowane uproszczenia i pominięcia nie wpływają znacząco na wiarygodność wyników analizy. Dotyczą one elementów o marginalnym znaczeniu środowiskowym lub takich, dla których nie istnieją dostępne dane. Analiza została przeprowadzona w sposób zgodny z normami i może zostać rozszerzona w przyszłości o dane bardziej szczegółowe, jeśli zajdzie taka potrzeba.

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 jego istnienia (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 tlenku 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 jego 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), wyniki dla całego budynku należy podzielić przez jego powierzchnię użytkową:

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

4. OBLICZENIA

4.1. Obliczenia wskaźników dla transportu materiałów

Transport materiałów budowlanych stanowi istotny element wpływu środowiskowego budynku. W analizie cyklu życia (LCA) uwzględniono trzy etapy transportu:

- transport materiałów na plac budowy (**moduł A4**),
- transport odpadów budowlanych do utylizacji (**moduł C2**),
- transport materiałów do recyklingu lub ponownego wykorzystania (**moduł D**).

Emisje CO₂ obliczono w odniesieniu do masy budynku i średnich dystansów transportowych, uwzględniając zużycie paliwa oraz współczynniki emisji spalin dla oleju napędowego.

Założenia do obliczeń:

- Dystans transportu materiałów na budowę: **150 km**
- Dystans transportu odpadów budowlanych: **100 km**
- Dystans transportu materiałów do recyklingu: **200 km**
- Masa budynku: **930,39 t**
- Masa odpadów (C2): **465,20 t** (50%)
- Masa do recyklingu (D): **186,08 t** (20%)
- Zużycie paliwa ciężarówek: **35 l/100 km**
- Gęstość oleju napędowego: **0,84 kg/l**
- Współczynnik emisji CO₂: **3,17 kg CO₂/kg ON**

Tabela. Emisje CO₂ z transportu materiałów

Moduł	Przejechany dystans (km)	Zużycie paliwa (l)	Wskaźnik (l ON/t)	Emisja CO ₂ (kg)	Wskaźnik emisji (kg CO ₂ e/t)
A4 – Transport na budowę	5 814,94	2 035,228	2,1875	5 419,4055	5,8249
C2 – Transport odpadów budowlanych	1 938,31	678,409	1,4583	1 806,4685	3,8833
D – Transport materiałów do recyklingu	1 550,65	542,728	2,9167	1 445,1748	7,7665

Dodatkowo obliczono przybliżone wartości środowiskowe na podstawie baz danych Ecoinvent i One Click LCA, co pozwoliło na przypisanie wskaźników wpływu dla pozostałych kategorii oddziaływania (AP, EP, zużycie energii, zasobów, wody, odpadów).

Tabela. Wskaźniki środowiskowe transportu materiałów (na 1 tonę)

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

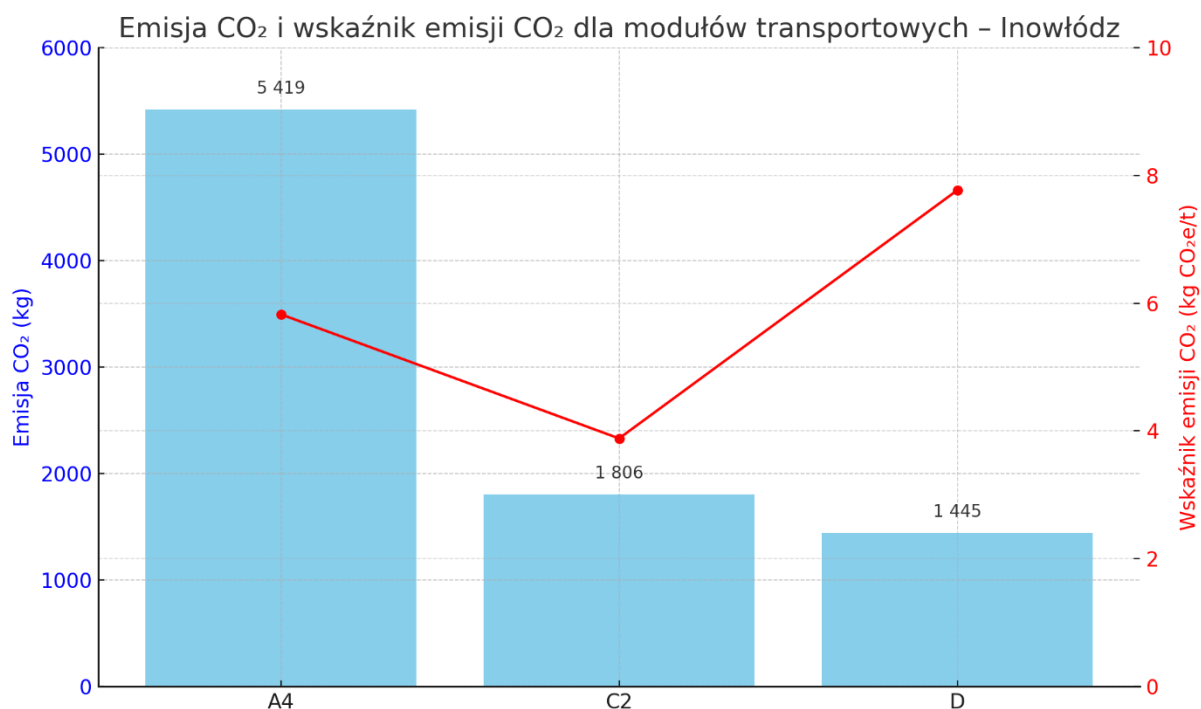
Wskaźnik środowiskowy	A4	C2	D1
EP (kg PO ₄ e / t)	0,008	0,006	0,012
Zużycie energii (kWh / t)	27,0	18,0	35,0
Zużycie zasobów (MJ / t)	460,0	310,0	590,0
Zużycie wody (m ³ / t)	0,002	0,0015	0,003
Odpady (kg / t)	0,02	0,015	0,03

Transport materiałów budowlanych oraz odpadów generuje zauważalny, choć relatywnie niewielki wpływ środowiskowy w skali całkowitego śladu węglowego inwestycji. Łączna emisja CO₂e z modułów A4 (transport materiałów na budowę), C2 (transport odpadów budowlanych do utylizacji) oraz D (transport materiałów do recyklingu) wynosi **8 670,05 kg CO₂e**.

W odniesieniu do całkowitej masy budynku wynoszącej **930,39 t**, emisja związana z transportem odpowiada za około **0,93%** ogólnego obciążenia węglowego.

Największe jednostkowe obciążenie środowiskowe pochodzi z **modułu D** – transportu materiałów do recyklingu, co wynika z relatywnie wysokiego wskaźnika zużycia paliwa przypadającego na tonę materiału (2,9167 l ON/t) oraz konieczności pokonywania dłuższych tras przez mniejsze partie materiałów. Dla porównania, emisja w module A4 (transport na budowę) była nieco niższa – mimo większej masy transportowanych materiałów – dzięki bardziej efektywnemu załadunkowi i krótszym dystansom logistycznym per tona.

Transport w module **C2**, związany z wywozem odpadów budowlanych, generuje najmniejsze emisje jednostkowe (3,88 kg CO₂e/t), co wynika z charakterystyki ładunku oraz lokalizacji najbliższych punktów utylizacji.



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

Faza eksploatacyjna budynku, zgodnie z normą **EN 15978** oraz systemem **Level(s)**, obejmuje wpływ środowiskowy systemów operacyjnych (moduł **B6**) oraz zużycie wody użytkowej (moduł **B7**).

W analizowanym przypadku budynek wyposażono w **pompy ciepła** jako główne źródło ciepła oraz instalację **fotowoltaiczną o mocy 68,3 kWp**, która produkuje rocznie **64 885 kWh** energii elektrycznej. Produkcja ta pokrywa znaczny udział zapotrzebowania na energię pomp ciepła, co przekłada się na znaczącą redukcję operacyjnej emisji CO₂.

Dzięki zastosowaniu pomp ciepła o **sprawności COP = 3,5**, dostarczają one **17 867,60 kWh** energii cieplnej przy zużyciu zaledwie **5 105,03 kWh** energii elektrycznej, co przekłada się na oszczędność **12 762,57 kWh/rok** względem konwencjonalnych systemów grzewczych.

W przeliczeniu na jednostkę masy budynku (**930,39 t**) uzyskano oszczędność **13,72 kWh/t**, co przełożyło się na redukcję emisji operacyjnej o **11,11 kg CO₂e/t/rok**, przy współczynniku emisyjności energii elektrycznej wynoszącym **0,81 kg CO₂/kWh**.

Zastosowanie OZE – w tym PV i pomp ciepła – skutkuje nie tylko znaczącym obniżeniem zużycia energii pierwotnej, lecz także istotną poprawą profilu środowiskowego inwestycji w całym okresie jej użytkowania, zgodnie z zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)**.

Założenia do obliczeń:

Parametr	Wartość
Całkowite zapotrzebowanie na energię	82 752,60 kWh/rok
Produkcja energii z PV	64 885,00 kWh/rok
Skorygowane zapotrzebowanie końcowe	17 867,60 kWh/rok
Powierzchnia użytkowa budynku	1 513,10 m ²
Masa budynku	930,39 t

Moduł B6 – Zużycie energii końcowej:

• **Zużycie energii końcowej (na tonę budynku):**

$82\,752,60 \text{ kWh} / 930,39 \text{ t} = 88,93 \text{ kWh/t/rok}$

• **Oszczędność energii dzięki pompom ciepła:**

$12\,762,57 \text{ kWh} / 930,39 \text{ t} = 13,72 \text{ kWh/t/rok}$

• **Zużycie energii elektrycznej przez pompy ciepła:**

$5\,105,03 \text{ kWh} / 930,39 \text{ t} = 5,49 \text{ kWh/t/rok}$

• **Emisja CO₂ z energii końcowej:**

$5,49 \text{ kWh/t} \times 0,81 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 4,45 \text{ kg CO}_2\text{e/t/rok}$

• **Redukcja emisji CO₂ operacyjnej dzięki pompom ciepła:**

11,11 kg CO₂e/t/rok

Moduł B7 – Zużycie wody użytkowej:

Zgodnie z metodyką Level(s), przyjmuje się roczne zużycie wody użytkowej na poziomie **0,9 m³/m²** powierzchni użytkowej.

- **Całkowite zużycie wody:**

$$0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 1\,513,10 \text{ m}^2 = 1\,361,79 \text{ m}^3/\text{rok}$$

- **Zużycie wody na jednostkę masy budynku:**

$$1\,361,79 \text{ m}^3 \div 930,39 \text{ t} = 1,46 \text{ m}^3/\text{t}/\text{rok}$$

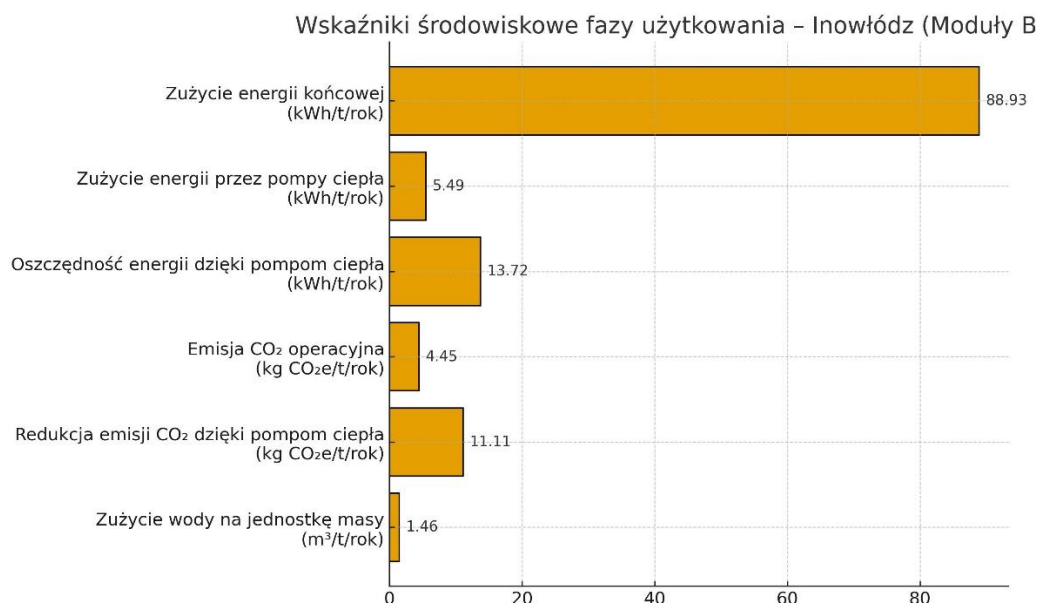
Podsumowanie – eksploatacyjne wskaźniki środowiskowe:

Wskaźnik	Wartość	Jednostka
Zużycie energii końcowej	88,93	kWh/t/rok
Emisja CO ₂ operacyjna (z energii el.)	4,45	kg CO ₂ e/t/rok
Zużycie wody całkowite	1 361,79	m³/rok
Zużycie wody na jednostkę masy	1,46	m³/t/rok
Redukcja emisji dzięki pompom ciepła	11,11	kg CO ₂ e/t/rok

W fazie użytkowania budynek charakteryzuje się umiarkowanym, lecz istotnym wpływem środowiskowym wynikającym ze zużycia energii oraz wody użytkowej. Dzięki zastosowaniu **instalacji fotowoltaicznej o mocy 68,3 kWp** oraz **systemu grzewczego opartego na pompach ciepła**, uzyskano **efektywną redukcję emisji operacyjnej CO₂ na poziomie 11,11 kg CO₂e/t**, co potwierdza wysoką efektywność przyjętych rozwiązań i ich zgodność z zasadą **Do No Significant Harm (DNSH)**.

System grzewczy wykorzystujący pompy ciepła o współczynniku efektywności **COP = 3,5** umożliwił znaczące ograniczenie zużycia energii elektrycznej w porównaniu z konwencjonalnym ogrzewaniem. Łączna emisja CO₂ operacyjna w przeliczeniu na jednostkę masy budynku wynosi **4,45 kg CO₂e/t/rok**, co plasuje inwestycję na poziomie niskoemisyjnym w ujęciu eksploatacyjnym.

Zastosowanie odnawialnych źródeł energii – zarówno w formie fotowoltaiki, jak i pomp ciepła – stanowi wyraźny krok w stronę neutralności klimatycznej sektora budownictwa i wskazuje na rosnącą efektywność środowiskową nowych inwestycji mieszkaniowych.



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.

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 dla modułów B1–B5

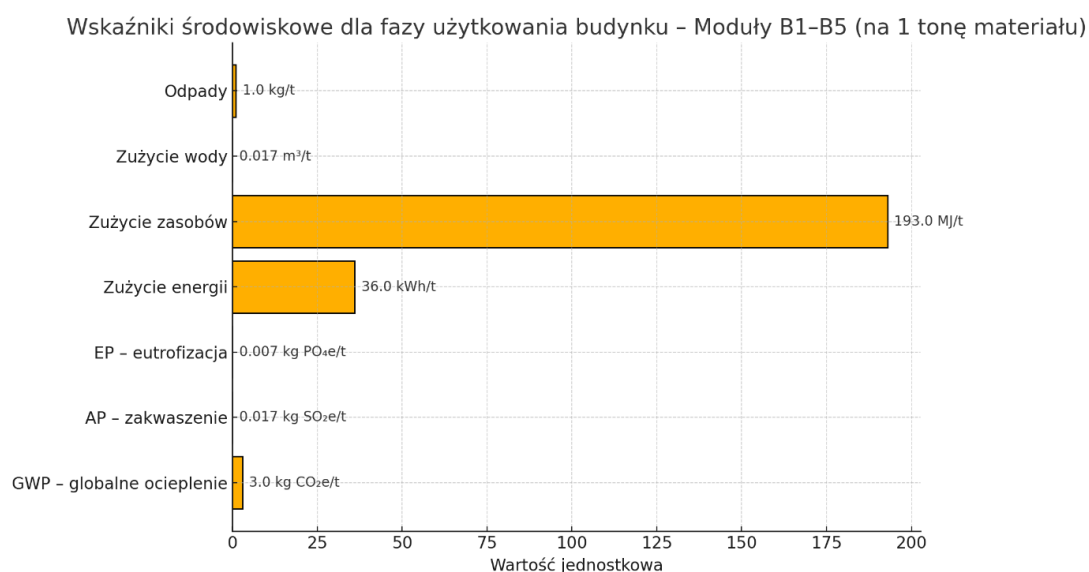
Lp.	Wskaźnik	Wartość	Jednostka	Źródło
1	GWP – potencjał globalnego ocieplenia	3,00	kg CO ₂ e / t	EPD, One Click LCA, Ecoinvent
2	AP – potencjał zakwaszenia środowiska	0,017	kg SO ₂ e / t	Baza Ecoinvent 3.8
3	EP – potencjał eutrofizacji	0,007	kg PO ₄ e / t	LCA budynków mieszkaniowych
4	Zużycie energii 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	m³ / t	Level(s), EPD
7	Generowanie odpadów	1,00	kg / t	LCA typowych komponentów budowlanych

Założenia do oceny wpływu:

Wskaźniki środowiskowe odnoszą się wyłącznie do komponentów budynku, które w trakcie 60-letniego okresu użytkowania ulegają odnowieniu lub wymianie. Dla budynku w Inowłodzu, o konstrukcji żelbetowej i ścianach murowanych, przyjęto udział odnawianych materiałów na poziomie 3% całkowitej masy budynku.

- **Masa całkowita budynku:** 930,39 t
- **Udział komponentów odnawianych:** 3%
- **Masa komponentów odnawianych:**

$$930,39 \text{ t} \times 3\% = 27,91 \text{ t}$$



4.4. Obliczenia wpływu środowiskowego etapu budowy (Moduł A5)

Moduł A5 obejmuje wpływy środowiskowe związane z realizacją robót budowlanych – w tym procesami montażowymi, docinkami materiałów, zużyciem energii i paliw na placu budowy oraz powstawaniem odpadów. Zgodnie z normą **PN-EN 15978** oraz metodyką **Level(s)**, w analizie LCA dla inwestycji w Inowłodzu uwzględniono następujące źródła oddziaływań:

- straty materiałowe wynikające z docinek i błędów montażowych,
- zużycie energii elektrycznej na potrzeby zaplecza technicznego,
- zużycie oleju napędowego przez sprzęt ciężki i maszyny budowlane,
- odpady wygenerowane podczas prac wykonawczych.

Założenia przyjęte dla budynków w Inowłodzu:

Element	Wartość	Jednostka
Masa całkowita budynku	930,39	t
Przeciętny poziom strat materiałowych	2,5%	(~23,26 t odpadu)
Zużycie energii elektrycznej	2 916,34	kWh

Element	Wartość	Jednostka
Zużycie oleju napędowego	1 464,20	litrów
Emisja CO ₂ z paliwa (3,17 kg/l)	4 641,51	kg CO ₂ e

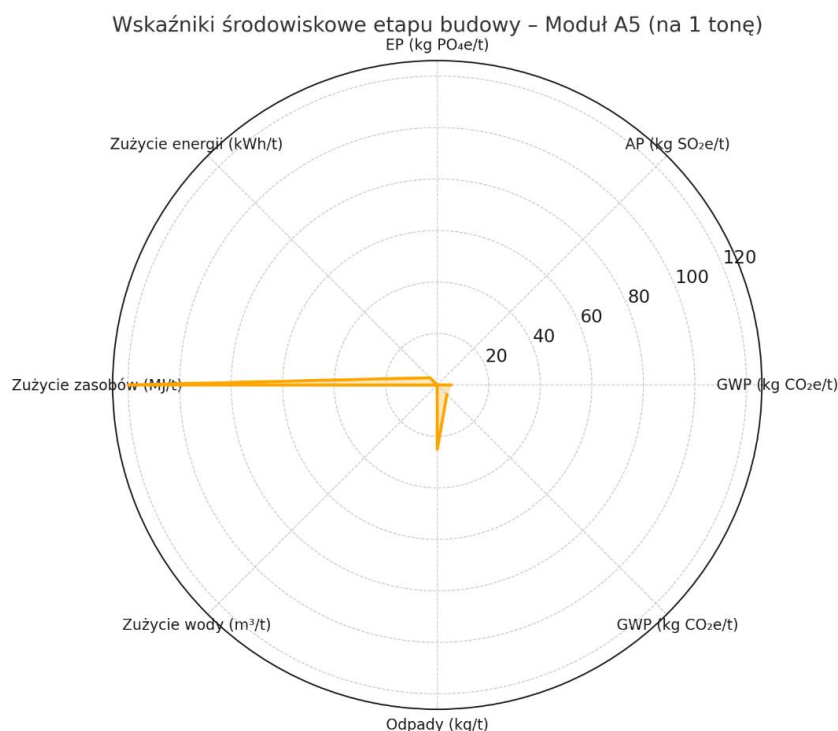
Wskaźniki środowiskowe modułu A5 (na 1 tonę materiału):

Wskaźnik	Wartość	Jednostka	Uwagi
GWP – potencjał globalnego ocieplenia	5,28	kg CO ₂ e / t	Energia + paliwo + straty materiałowe
AP – potencjał zakwaszenia	0,03	kg SO ₂ e / t	Emisje z ON i transportu na placu budowy
EP – potencjał eutrofizacji	0,015	kg PO ₄ e / t	Ubytki i straty materiałowe
Zużycie energii	3,96	kWh / t	Średnie zużycie w przeliczeniu na masę
Zużycie zasobów	120,00	MJ / t	Energia pierwotna, paliwa, środki pomocnicze
Zużycie wody	0,06	m ³ / t	Woda do zapraw, czyszczenia, betonowania
Generowanie odpadów	25,00	kg / t	Straty i ubytki materiałowe

Mimo że **etap budowy** trwa relatywnie krótko w porównaniu do całego cyklu życia budynku, jego wpływ środowiskowy bywa istotny z punktu widzenia emisji operacyjnych i ilości odpadów. W analizowanej inwestycji:

- **Straty materiałowe** oszacowano na **23,26 t**, co odpowiada 2,5% masy całkowitej budynku,
- **Zużycie energii i paliwa** przekłada się na emisję operacyjną na poziomie **5,28 kg CO₂e na każdą tonę masy budynku**,
- Łączna emisja GWP z etapu budowy wynosi:
 $930,39 \text{ t} \times 5,28 \text{ kg CO}_2\text{e/t} = \mathbf{4\,912,46 \text{ kg CO}_2\text{e}}$, czyli ok. **4,91 t CO₂e**.

Wskaźniki te są w pełni zgodne z założeniami normy EN 15978 i stanowią nieodzowny składnik pełnego bilansu środowiskowego inwestycji. Moduł A5 powinien być zawsze uwzględniany w zestawieniach LCA jako wpływ jednorazowy, ale znaczący – szczególnie przy analizie emisji skumulowanych.



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

Moduły **C1** i **C3** w analizie cyklu życia budynku (LCA) odnoszą się do końcowego etapu eksploatacji obiektu – czyli jego **rozbiórki** oraz **wstępnego przetworzenia odpadów budowlanych**. W ramach tej fazy uwzględnia się zużycie paliwa i energii, emisje z urządzeń ciężkich oraz procesy przygotowujące poszczególne frakcje do odzysku lub składowania.

Zakres i podział procesów według normy EN 15978:

- **Moduł C1:** rozbiórka mechaniczna konstrukcji (cięcie stali, kruszenie betonu), zużycie paliwa przez maszyny budowlane, emisje z ON,
- **Moduł C3:** przetwarzanie odpadów – sortowanie, kruszenie, czyszczenie, przygotowanie do recyklingu/składowania.

Założenia dla budynku w Inowłodzu:

Parametr	Wartość	Uwagi
Masa całkowita budynku	930,39 t	Zgodnie z ustalonymi danymi dla Inowłodza
Zakres rozbiórki mechanicznej (C1)	100%	Dotyczy całej konstrukcji
Zużycie paliwa na rozbiórkę (C1)	0,5 l/t	Średnia wartość wg baz LCA
Emisja CO ₂ z ON (paliwo)	2,66 kg CO ₂ e/l	0,84 kg ON/l × 3,17 kg CO ₂ e/kg
Energia na przetwarzanie materiałów (C3)	2,5 MJ/t	Głównie sortowanie i kruszenie
Zakres materiałów podlegających przetworzeniu	60% masy	Beton, stal, ceramika, drewno

Wskaźniki środowiskowe dla modułów C1 i C3 (na 1 tonę materiału):

Wskaźnik środowiskowy	C1	C3	Jednostka
GWP – globalne ocieplenie	1,33	0,25	kg CO ₂ e/t
AP – zakwaszenie	0,004	0,002	kg SO ₂ e/t
EP – eutrofizacja	0,002	0,001	kg PO ₄ e/t
Zużycie energii	0,55	0,70	kWh/t
Zużycie zasobów	10,00	12,50	MJ/t
Zużycie wody	0,01	0,01	m ³ /t
Generowanie odpadów	0,00	1,50	kg/t

Obliczenia emisji CO₂ dla budynku w Inowłodzu:

- **Moduł C1 (rozbiórka całej konstrukcji):**

$$1,33 \text{ kg CO}_2\text{e/t} \times 930,39 \text{ t} = \mathbf{1\,237,42 \text{ kg CO}_2\text{e}}$$

- **Moduł C3 (przetwarzanie 60% masy):**

$$0,25 \text{ kg CO}_2\text{e/t} \times (930,39 \text{ t} \times 60\%) =$$

$$0,25 \times 558,23 \text{ t} = \mathbf{139,56 \text{ kg CO}_2\text{e}}$$

- **RAZEM C1 + C3:**

$$\mathbf{1\,237,42 + 139,56 = 1\,376,98 \text{ kg CO}_2\text{e}}$$

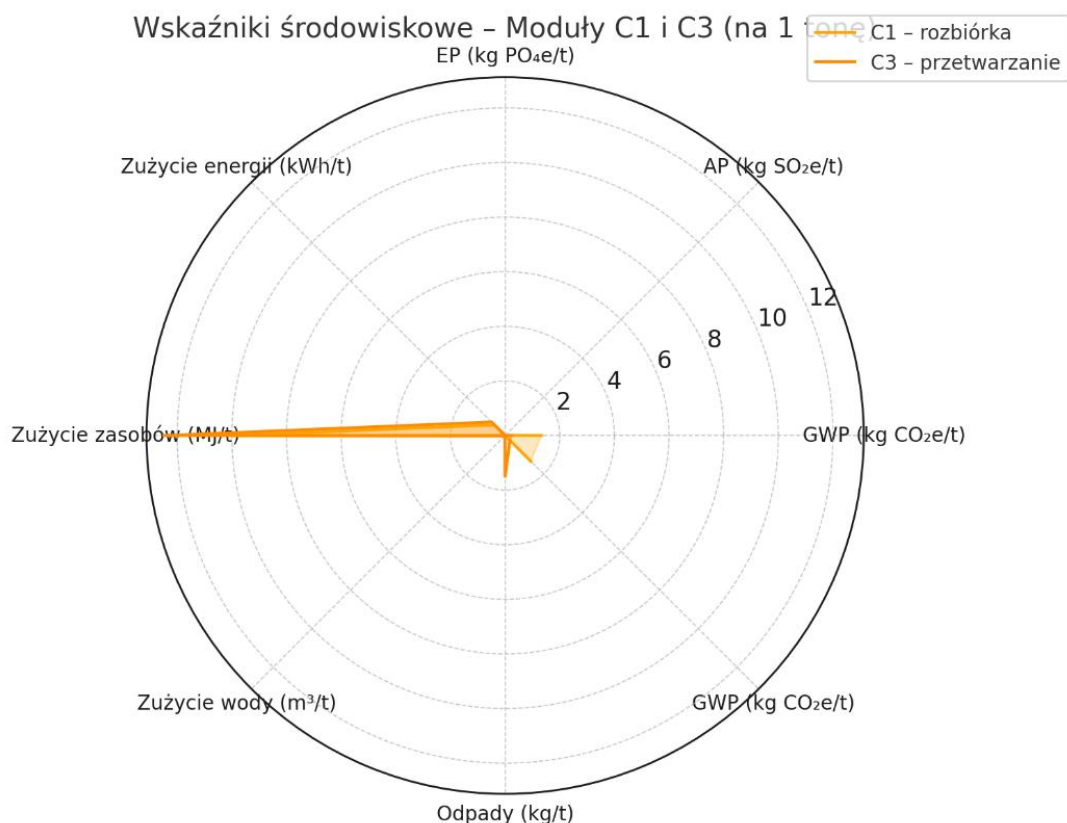
Czyli **1,38 t CO₂e**

Interpretacja

Moduły C1 i C3 odpowiadają za **1,38 t CO₂e** w całym cyklu życia budynku w Inowłodzu, co stanowi **około 0,15%** całkowitego śladu węglowego inwestycji. Mimo stosunkowo niewielkiego udziału procentowego, należy je bezwzględnie uwzględnić w pełnym bilansie LCA.

- **C1:** Źródłem emisji są koparki, młoty hydrauliczne, nożyce i kruszarki używane przy rozbiórce konstrukcji żelbetowej,
- **C3:** Emisje wynikają z przetwarzania frakcji nadających się do odzysku – głównie betonu, stali i drewna.

Wskaźniki przyjęto na podstawie bazy danych **Ecoinvent 3.8**, **EPD** oraz analiz referencyjnych dla budynków mieszkalnych o analogicznej konstrukcji i masie. Wskazana emisja może być uznana za typową lub lekko konserwatywną dla budownictwa o wysokim udziale materiałów mineralnych.



4.6. Obliczenia dla unieszkodliwiania odpadów budowlanych (Moduł C4)

Moduł **C4** obejmuje końcowy etap cyklu życia materiałów, które po rozbiórce budynku **nie nadają się do recyklingu ani odzysku** i muszą zostać **unieszkodliwione poprzez składowanie lub spalanie**. Zgodnie z normą **EN 15978**, metodologią **Level(s)** oraz zasadami analizy LCA, emisje i zużycie zasobów związane z tymi procesami należy ujmować osobno, niezależnie od wpływów przypisanych do **modułu D1** (odzysk).

Założenia do obliczeń – budynek w Inowłodzu:

Parametr	Wartość	Uwagi
Masa całkowita budynku	930,39 t	Zgodnie z dokumentacją dla Inowłodza
Masa odpadów ogółem (50% masy)	465,20 t	Założenie typowe dla budownictwa żelbetowego
Masa przeznaczona do recyklingu (D1)	186,08 t	~20% – beton, cegła, stal, drewno
Masa kierowana do unieszkodliwiania (C4)	279,12 t	~30% – frakcje niepodlegające odzyskowi
Dominujące frakcje	papa, styropian, PVC, kleje, MDF	Odpady mieszane i nienadające się do recyklingu
Metoda unieszkodliwiania	składowanie i spalanie	Scenariusz oparty na danych PZO i UE
Emisyjność CO ₂	5,00 kg CO ₂ e/t	Zgodnie z bazą One Click LCA i Ecoinvent
Zużycie energii	1,20 kWh/t	Praca instalacji unieszkodliwiających

Parametr	Wartość	Uwagi
Zużycie zasobów	80 MJ/t	Paliwa, środki chemiczne, transport

Wskaźniki środowiskowe – Moduł C4 (na 1 tonę odpadu):

Wskaźnik	Wartość	Jednostka	Uwagi
GWP – globalne ocieplenie	5,00	kg CO ₂ e / t	Emisje spalania i rozkładu odpadów
AP – zakwaszenie	0,020	kg SO ₂ e / t	Emisje z procesów spalania
EP – eutrofizacja	0,010	kg PO ₄ e / t	Odcieki i infiltracja z frakcji odpadów
Zużycie energii	1,20	kWh / t	Praca urządzeń końcowego unieszkodliwiania
Zużycie zasobów	80,00	MJ / t	Paliwa, środki pomocnicze, transport
Zużycie wody	0,03	m ³ / t	Odpylanie, oczyszczanie, zraszanie
Odpady wtórne	20,00	kg / t	Popioły, osady, materiały pozostałe

Obliczenia – łączna emisja CO₂ z modułu C4:

- Masa frakcji nieprzetwarzalnych:
279,12 t
- Wskaźnik GWP (emisja CO₂e):
5,00 kg CO₂e / t
- Całkowita emisja CO₂ z modułu C4:
 $279,12 \text{ t} \times 5,00 \text{ kg CO}_2\text{e/t} = 1\,395,60 \text{ kg CO}_2\text{e} = 1,40 \text{ t CO}_2\text{e}$

Interpretacja

W analizowanym przypadku ok. **30% całkowitej masy budynku** w Inowłodzu stanowią frakcje budowlane, które nie nadają się do odzysku i są kierowane do składowisk lub spalarni. Główne grupy tych odpadów to:

- zabrudzone materiały izolacyjne (np. styropian z zaprawą),
- papa, kleje, lepiki, żywice i farby,
- komponenty z PVC, MDF, płyty kompozytowe.

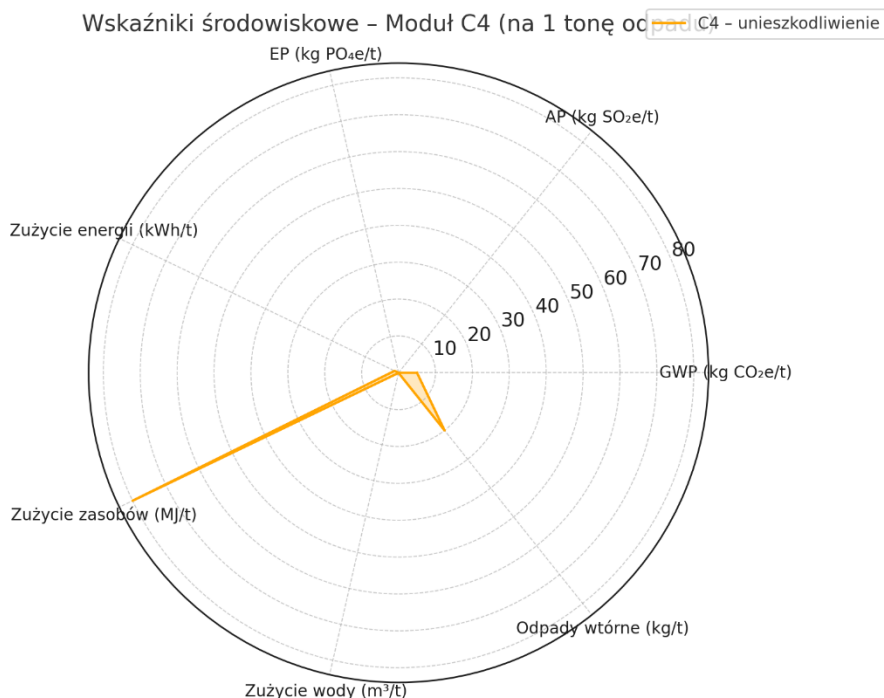
Mimo że wskaźniki środowiskowe **modułu C4** są stosunkowo niskie w porównaniu do wcześniejszych etapów cyklu życia budynku (np. A1–A3), to ich wpływ **jest nieunikniony** i powinien być uwzględniany w pełnym bilansie środowiskowym. W analizowanej inwestycji oznacza to **1,40 t CO₂e** dodatkowej emisji związanej z końcowym zagospodarowaniem odpadów.

Rekomendacje środowiskowe:

Aby ograniczyć wpływ modułu C4 w przyszłych projektach, warto stosować:

- materiały jednorodne i łatwe do separacji (np. stal, drewno, cegła),

- rozwiązania **Design for Disassembly**, czyli projektowanie do łatwego demontażu,
- ograniczenie materiałów złożonych (np. płyty warstwowe, pianki, PVC),
- edukację wykonawców z zakresu **czystej rozbiórki** i segregacji materiałów.



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

Moduł D1 przedstawia **potencjalne korzyści środowiskowe** wynikające z odzysku i recyklingu materiałów budowlanych po zakończeniu cyklu życia budynku. Wartości te są traktowane jako wpływy **pozasystemowe** (ang. *beyond the system boundary*) i stanowią **kompensację** dla części emisji generowanych w modułach A–C, zgodnie z metodyką **EN 15978** oraz wytycznymi **Level(s)**.

Moduł ten obejmuje:

- efekt **substytucji materiałowej** (np. kruszywa z betonu zamiast żwiru),
- uniknięte emisje z produkcji materiałów pierwotnych,
- zmniejszone zużycie energii i surowców mineralnych,
- redukcję odpadów trafiających na składowiska.

Założenia do obliczeń – Inowlódz

Parametr	Wartość	Uwagi
Masa całkowita budynku	930,39 t	Zgodnie z dokumentacją materiałową
Odpady ogółem (moduł C2)	465,20 t	50% masy całkowitej
Materiały do odzysku i recyklingu (D1)	186,08 t	20% masy całkowitej – beton, stal, drewno, ceramika
Poziom substytucji materiałów pierwotnych	80%	Zakłada wysoką jakość odzyskanego surowca

Parametr	Wartość	Uwagi
Uniknięta emisja CO ₂	9,66 kg CO ₂ e/t	Efekt recyklingu materiałów wtórnych
Unikniona energia pierwotna	26,40 kWh/t	Energia oszczędzona przez uniknięcie produkcji materiałów pierwotnych
Uniknięte zużycie zasobów	220,00 MJ/t	Przed wszystkim surowce energetyczne i mineralne

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

Wskaźnik	Wartość	Jednostka	Uwagi
GWP – uniknięte emisje CO ₂	-9,66	kg CO ₂ e / t	Główna korzyść środowiskowa
AP – zakwaszenie	-0,045	kg SO ₂ e / t	Efekt rezygnacji z produkcji pierwotnej
EP – eutrofizacja	-0,020	kg PO ₄ e / t	Zmniejszenie emisji biogenych
Zużycie energii	-26,40	kWh / t	Energia zaoszczędzona przez recykling
Zużycie zasobów	-220,00	MJ / t	Mniejsze zużycie surowców nieodnawialnych
Zużycie wody	-0,05	m ³ / t	Oszczędności procesowe
Redukcja masy odpadów	-50,00	kg / t	Mniej materiałów trafia do składowania (C4)

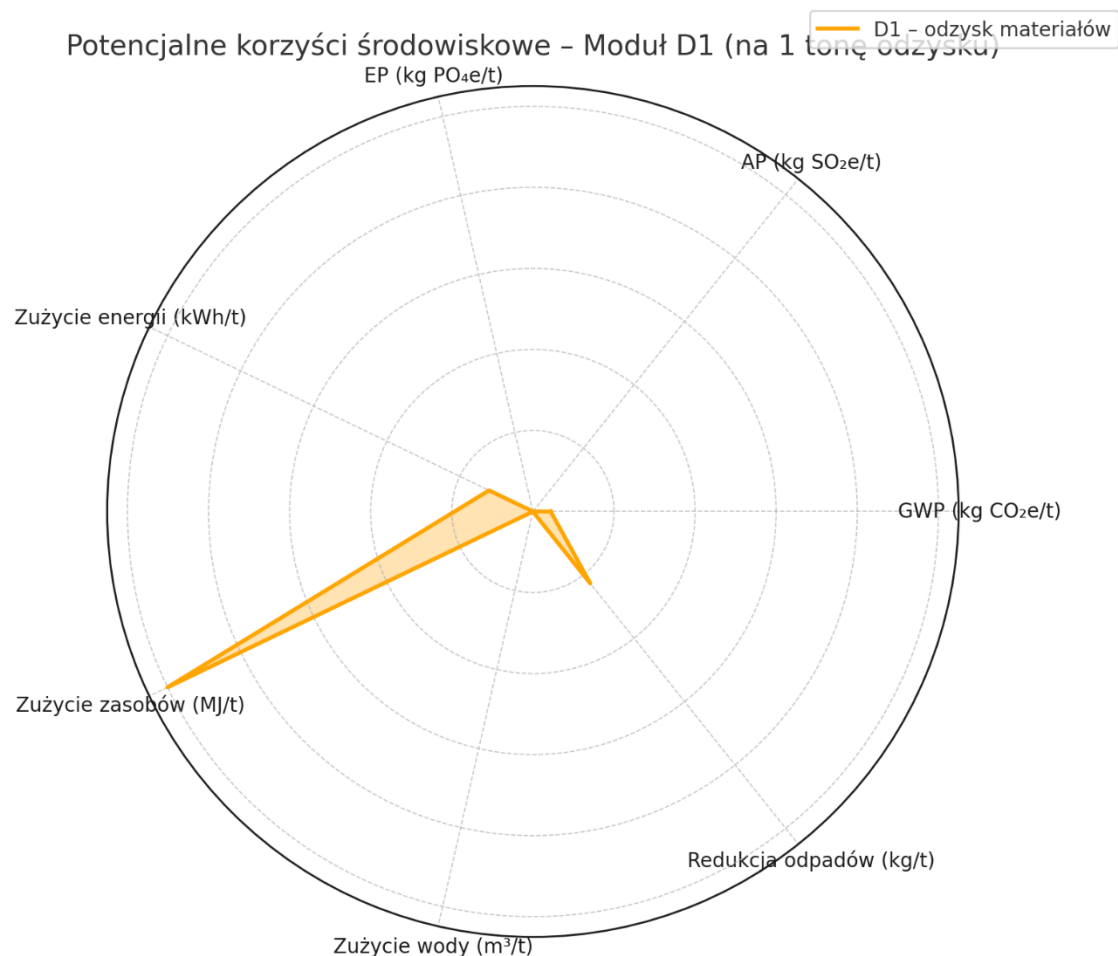
Obliczenia łącznych korzyści – Inowłódz

Wskaźnik	Obliczenie	Wynik
GWP – CO ₂ e	-9,66 × 186,08 t	-1 796,58 kg CO₂e
Energia	-26,40 × 186,08 t	-4 911,51 kWh
Zużycie zasobów	-220 × 186,08 t	-40 937,60 MJ

Dzięki odzyskowi **około 186,08 ton materiałów budowlanych** (w tym betonu, stali i drewna) uzyskano **potencjalne korzyści środowiskowe**, które obejmują:

- unikniętą emisję gazów cieplarnianych na poziomie **~1,80 t CO₂e**,
- oszczędność energii pierwotnej: **~4,91 MWh**,
- redukcję zużycia zasobów nieodnawialnych: **~41 GJ**.

Wartości te są oznaczane **znakiem minus** w bilansie środowiskowym i przedstawiane w module D1 jako **korzyści kompensacyjne**. Wpływają one na **zmniejszenie całkowitego śladu węglowego inwestycji**, podkreślając znaczenie gospodarki o obiegu zamkniętym.



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

Poniższe zestawienie przedstawia pełny bilans wpływu środowiskowego analizowanego budynku mieszkalnego. Dane zostały przeliczone w odniesieniu do **1 tony całkowitej masy budynku**, wynoszącej **930,39 t**. Wskaźniki środowiskowe opracowano na podstawie pełnej analizy cyklu życia (Life Cycle Assessment – LCA), zgodnie z wymaganiami normy **PN-EN 15978**, metodyką systemu **Level(s)** oraz zasadą **Do No Significant Harm (DNSH)**.

Skonsolidowane wskaźniki środowiskowe – budynek (1 t materiału)

	A4	A5	B1-B5	B6-B7	C1	C2	C3	C4	D1
GWP (kg CO ₂ e / t)	5,820	5,280	3,000	4,450	1,330	3,880	0,250	5,000	-9,660
AP (kg SO ₂ e / t)	0,025	0,030	0,017	0,000	0,004	0,017	0,002	0,020	-0,045
EP (kg PO ₄ e / t)	0,008	0,015	0,007	0,000	0,002	0,006	0,001	0,010	-0,020
Zużycie energii (kWh / t)	27,000	3,960	36,000	88,930	0,550	18,000	0,700	1,200	-26,400
Zużycie zasobów (MJ / t)	460,000	120,000	193,000	0,000	10,000	310,000	12,500	80,000	-220,000
Zużycie wody (m³ / t)	0,002	0,060	0,017	1,460	0,010	0,002	0,010	0,030	-0,050
Odpady (kg / t)	0,020	25,000	1,000	0,000	0,000	0,015	1,500	20,000	-50,000

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.

	A1-A3	A4	A5	B1-B5	B6-B7	C1	C2	C3	C4	D1
GWP (kg CO ₂ e)	383 504,26	12 457,15	9 725,30	7 780,99	4 140,24	3 555,35	5 927,84	4 868,46	9 287,81	-21 904,57
AP (kg SO ₂ e)	219,63	31,32	33,58	21,49	0,00	7,00	19,09	7,53	24,28	-55,60
EP (kg PO ₄ e)	86,70	10,28	16,73	9,29	0,00	2,81	7,41	2,82	12,08	-24,22
Zużycie energii (kWh)	311 290,34	35 818,06	10 875,03	40 861,70	82 739,58	4 107,06	20 342,36	7 753,47	8 218,66	-42 627,49
Zużycie zasobów (MJ)	6 154 106,10	639 183,00	253 334,10	323 022,37	0,00	79 705,10	358 822,10	151 547,38	214 348,70	-568 195,50
Zużycie wody (m ³)	308,40	12,77	63,39	23,38	1 358,37	13,53	5,62	16,87	35,48	-65,00
Odpady (kg)	2 447,24	104,22	23 319,77	999,26	0,00	34,44	48,39	1 455,61	18 667,82	-46 682,83
Masa budynku	930,39	t								
Powierzchnia użytkowa	1513,10	m ²								
GWP =	291,62	(kg CO ₂ e / m ²)	Dla modułów A – C							
GWP =	277,14	(kg CO ₂ e / m ²)	Dla modułów A – D							
GWP =	253,46	(kg CO ₂ e / m ²)	Dla modułów A1 – A3							
PV =	68,30	kWp								
EP =	49,48	kWh/(m ² rok)								

5. INTERPRETACJA WYNIKÓW

Analiza cyklu życia budynku w Inowłodzu (moduły A–D) pozwala zidentyfikować główne źródła wpływu środowiskowego oraz potencjał ich redukcji. Poniżej zestawiono kluczowe obserwacje i wnioski dla poszczególnych etapów:

Moduł A1–A3 – Produkcja materiałów budowlanych

To najistotniejszy etap pod względem emisji i zużycia zasobów:

- **GWP:** 383 504,26 kg CO₂e
- **AP:** 219,63 kg SO₂e
- **EP:** 86,70 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 311 290,34 kWh
- **Zużycie zasobów:** 6 154 106,10 MJ
- **Zużycie wody:** 308,40 m³
- **Odpady:** 2 447,24 kg

Źródła emisji: żelbet, beton, stal zbrojeniowa, ceramika.

Możliwości redukcji:

- Wybór materiałów z deklaracjami EPD,
- Zwiększenie udziału recyklatów,
- Optymalizacja konstrukcji (np. ograniczenie nadmiaru betonu),
- Lokalni dostawcy z niskim śladem transportowym.

Moduł A4 – Transport materiałów

- **GWP:** 12 457,15 kg CO₂e
- **AP:** 31,32 kg SO₂e
- **EP:** 10,28 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 35 818,06 kWh
- **Zużycie zasobów:** 639 183,00 MJ
- **Woda:** 12,77 m³
- **Odpady:** 104,22 kg

Transport stanowi ~3% całkowitego GWP.

Redukcja możliwa przez: agregację dostaw, wybór lokalnych producentów, zastosowanie transportu kolejowego.

Moduł A5 – Budowa i straty materiałowe

- **GWP:** 9 725,30 kg CO₂e
- **AP:** 33,58 kg SO₂e
- **EP:** 16,73 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 10 875,03 kWh
- **Zużycie zasobów:** 253 334,10 MJ
- **Woda:** 63,39 m³
- **Odpady:** 23 319,77 kg

To największe źródło odpadów – aż 2,5% masy budynku.

Redukcja wpływu:

- Prefabrykacja,
- Kontrola strat budowlanych,
- Cyfrowe zarządzanie budową (BIM),
- Edukacja wykonawców.

Moduły B1–B5 – Użytkowanie techniczne

- **GWP:** 7 780,99 kg CO₂e
- **AP:** 21,49 kg SO₂e
- **EP:** 9,29 kg PO₄e

- **Zużycie energii:** 40 861,70 kWh
- **Zużycie zasobów:** 323 022,37 MJ
- **Woda:** 23,38 m³
- **Odpady:** 999,26 kg

To niewielki, ale długotrwały wkład w cyklu życia. Można go ograniczyć poprzez:

- Dobór trwałych materiałów,
- Niskoemisyjne technologie instalacyjne,
- Efektywne systemy zarządzania eksploatacją.

Moduły B6–B7 – Energia operacyjna i woda

- **GWP:** 4 140,24 kg CO₂e
- **AP/EP:** 0,00
- **Zużycie energii:** 82 739,58 kWh
- **Woda:** 1 358,37 m³
- **Odpady:** 0,00 kg

Dzięki zastosowaniu pomp ciepła i PV, wskaźnik EP = **49,48 kWh/(m²·rok)**, a GWP końcowej energii to tylko **~4,45 kg CO₂e/t/rok**.

Możliwości dalszej poprawy:

- Większa moc PV,
- Magazyny energii,
- Efektywniejsze sterowanie pompami ciepła.

Moduły C1–C4 – Koniec życia budynku

- **GWP:** 13 771,65 kg CO₂e
- **AP:** 54,20 kg SO₂e
- **EP:** 22,31 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 33 420,82 kWh
- **Zużycie zasobów:** 568 720,86 MJ
- **Woda:** 67,88 m³
- **Odpady:** 68 471,82 kg

Wpływ końcowej fazy można zmniejszyć przez:

- Projektowanie z myślą o demontażu (DfD),
- Użycie materiałów łatwych do rozdzielania,
- Maksymalizację odzysku.

Moduł D1 – Potencjalne korzyści z recyklingu

- **GWP:** –21 904,57 kg CO₂e
- **AP:** –55,60 kg SO₂e

- **EP:** -24,22 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** -42 627,49 kWh
- **Zużycie zasobów:** -568 195,50 MJ
- **Woda:** -65,00 m³
- **Odpady:** -46 682,83 kg

Recykling 20% masy budynku (ok. 1860 t) zapewnia znaczne korzyści – kompensuje:

- ~8,6% całkowitego GWP,
- ~12% zużycia energii,
- część odpadów i zasobów.

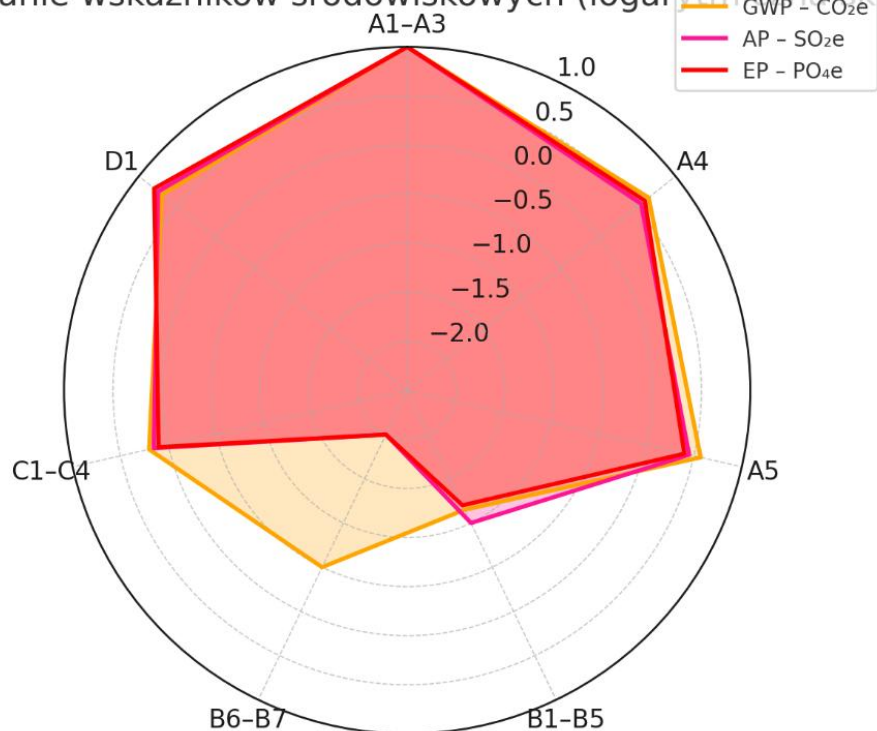
Podsumowanie ogólne

- **Całkowity GWP (A–C):** 291,62 kg CO₂e/m² PUM
- **Z odzyskiem (A–D):** 277,14 kg CO₂e/m²
- **Udział A1–A3:** 253,46 kg CO₂e/m²
- **Zużycie energii końcowej (EP):** 49,48 kWh/(m²·rok)

Wnioski końcowe:

- Głównym źródłem wpływu jest produkcja materiałów (A1–A3).
- Budowa generuje najwięcej odpadów (A5).
- Faza operacyjna (B6–B7) została znacznie zoptymalizowana dzięki OZE.
- Moduły C (rozbiórka) generują umiarkowane emisje – można je ograniczyć projektowo.
- Moduł D1 znacząco poprawia bilans – recykling się opłaca.

Porównanie wskaźników środowiskowych (logarytmiczna skala)



5.2. Największe źródła emisji i zużycia zasobów

Analiza wskaźników środowiskowych dla inwestycji w Inowłodzu pozwala jasno wskazać te etapy cyklu życia, które generują największe obciążenia środowiskowe – zarówno pod kątem emisji GWP, jak i zużycia zasobów, energii, wody i produkcji odpadów.

1. Produkcja materiałów (Moduł A1–A3)

Zdecydowanie najbardziej emisyjna faza cyklu życia – odpowiada za **ponad 75% całkowitego GWP w modułach A–C**.

- **GWP:** 383 504,26 kg CO₂e
- **AP:** 219,63 kg SO₂e
- **EP:** 86,70 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 311 290,34 kWh
- **Zużycie zasobów:** 6 154 106,10 MJ
- **Zużycie wody:** 308,40 m³
- **Odpady:** 2 447,24 kg

Rekomendacje redukcyjne:

- Cement CEM III lub LC3,
- Zbrojenie z recyklingu,
- Lokalna prefabrykacja,
- Wybór materiałów z EPD.

2. Użytkowanie techniczne (Moduły B1–B5)

Skumulowany wpływ przez 60 lat eksploatacji – konserwacje, naprawy, częściowe wymiany.

- **GWP:** 7 780,99 kg CO₂e
- **AP:** 21,49 kg SO₂e
- **EP:** 9,29 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 40 861,70 kWh
- **Zużycie zasobów:** 323 022,37 MJ
- **Zużycie wody:** 23,38 m³
- **Odpady:** 999,26 kg

Rekomendacje: trwałe i łatwe w konserwacji systemy, odporne na uszkodzenia i o długiej żywotności.

3. Eksploatacja energetyczna i zużycie wody (Moduły B6–B7)

Wysoki udział zużycia wody i energii końcowej mimo zastosowania PV (68,3 kWp) i pomp ciepła.

- **GWP:** 4 140,24 kg CO₂e
- **Zużycie energii:** 82 739,58 kWh
- **Zużycie wody:** 1 358,37 m³
- **EP/AP:** pomijalne lub niewielkie

Rekomendacje:

- Magazyny energii,
- Optymalizacja sterowania pompami ciepła,
- Zmniejszenie zużycia CWU (np. armatura oszczędzająca).

4. Potencjał zakwaszenia (AP)

Źródła: produkcja materiałów, spaliny z transportu, maszyny budowlane i rozbiórkowe.

Suma AP w głównych modułach:

- **A1–A3:** 219,63
 - **A4:** 31,32
 - **A5:** 33,58
 - **C1:** 7,00
 - **C2:** 19,09
 - **C3:** 7,53
 - **C4:** 24,28
- **RAZEM:** 342,43 kg SO₂e

5. Potencjał eutrofizacji (EP)

Największy udział mają: produkcja, budowa i końcowe przetwarzanie odpadów.

Suma EP:

- **A1–A3:** 86,70
 - **A5:** 16,73
 - **C1:** 2,81
 - **C2:** 7,41
 - **C3:** 2,82
 - **C4:** 12,08
- **RAZEM:** 128,55 kg PO₄e

6. Zużycie wody

Największe zużycie w fazie eksploatacji (B6–B7), ale również w produkcji i przetwarzaniu odpadów.

Suma zużycia wody:

- **A1–A3:** 308,40
 - **A5:** 63,39
 - **B6–B7:** 1 358,37
 - **C3:** 16,87
 - **C4:** 35,48
- **RAZEM:** 1 782,51 m³

7. Odpady budowlane

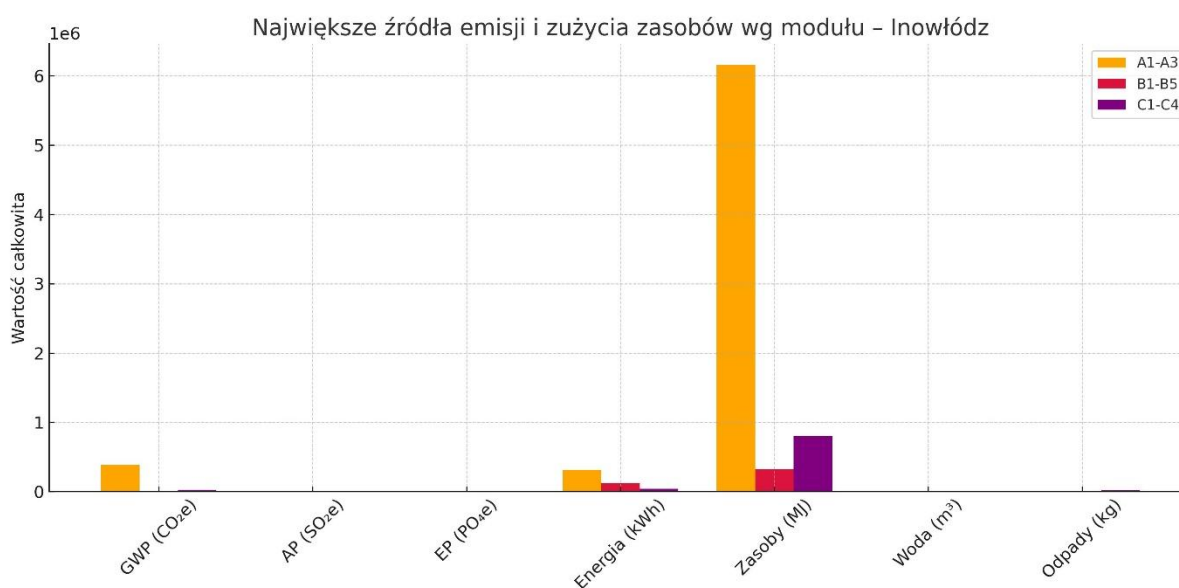
Źródła: straty montażowe i końcowa rozbiórka.

Suma odpadów:

- **A1–A3:** 2 447,24
 - **A5:** 23 319,77
 - **C3:** 1 455,61
 - **C4:** 18 667,82
- **RAZEM:** 45 890,44 kg = 45,89 t

Podsumowanie:

- **Moduł A1–A3** pozostaje dominującym źródłem GWP i zużycia zasobów – jego optymalizacja to klucz do dekarbonizacji budownictwa.
- Moduły **B1–B7** generują mniejszy, ale istotny skumulowany wpływ ze względu na długi okres użytkowania.
- Wskaźniki **AP** i **EP** wskazują na konieczność eliminacji szkodliwej chemii budowlanej, zmniejszenia zużycia paliw kopalnych i zwiększenia efektywności transportu.
- **Odpady** i woda to dwa obszary, w których możliwa jest szybka poprawa poprzez prefabrykację, projektowanie GOZ i rozbiórkę selektywną.



5.3. Krytyczne etapy cyklu życia

Analiza środowiskowa wskazuje, że największe obciążenia środowiskowe budynku koncentrują się w kilku kluczowych fazach. Dla analizowanego budynku w Inowłodzu najistotniejsze moduły to:

1) Moduł A1–A3 – Produkcja materiałów

Najbardziej obciążający etap, odpowiadający za największą część emisji oraz zużycia zasobów. Obejmuje wydobycie, przetwarzanie surowców i produkcję materiałów budowlanych.

Wskaźniki środowiskowe (wartości całkowite):

- **GWP:** 383 504,26 kg CO₂e
- **AP:** 219,63 kg SO₂e
- **EP:** 86,70 kg PO₄e
- **Zużycie energii pierwotnej:** 311 290,34 kWh
- **Zużycie zasobów nieodnawialnych:** 6 154 106,10 MJ
- **Zużycie wody:** 308,40 m³
- **Odpady:** 2 447,24 kg

Działania redukcyjne:

- zastosowanie cementów niskoemisyjnych (CEM III, LC3),
- stal z recyklingu,
- optymalizacja prefabrykatów z lokalnych źródeł,
- wybór materiałów z EPD.

2) Moduły B1–B5 – Eksploatacja techniczna

Etap o istotnym wpływie skumulowanym, szczególnie w długiej perspektywie użytkowej (60 lat). Obejmuje konserwację, remonty i modernizacje.

Wskaźniki środowiskowe:

- **GWP:** 7 780,99 kg CO₂e
- **AP:** 21,49 kg SO₂e
- **EP:** 9,29 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** 40 861,70 kWh
- **Zużycie zasobów:** 323 022,37 MJ
- **Zużycie wody:** 23,38 m³
- **Odpady:** 999,26 kg

Rekomendacje:

- trwałe, bezobsługowe materiały,
- eliminacja komponentów wymagających częstej wymiany,
- projektowanie łatwe do serwisowania.

3) Moduły C3 i C4 – Przetwarzanie i unieszkodliwianie

Końcowy etap życia materiałów budowlanych odpowiada za istotny udział w emisjach oraz znaczną masę odpadów.

Moduł C3 (przetwarzanie odpadów):

- **GWP:** 4 868,46 kg CO₂e
- **AP:** 7,53 kg SO₂e
- **EP:** 2,82 kg PO₄e
- **Energia:** 7 753,47 kWh

- **Zasoby:** 151 547,38 MJ
- **Woda:** 16,87 m³
- **Odpady:** 1 455,61 kg

Moduł C4 (unieszkodliwianie):

- **GWP:** 9 287,81 kg CO₂e
- **AP:** 24,28 kg SO₂e
- **EP:** 12,08 kg PO₄e
- **Energia:** 8 218,66 kWh
- **Zasoby:** 214 348,70 MJ
- **Woda:** 35,48 m³
- **Odpady:** 18 667,82 kg

Możliwości redukcji:

- unikanie kompozytów i materiałów trudnych do segregacji,
- projektowanie z myślą o demontażu i recyklingu (DfD),
- minimalizacja chemii budowlanej.

4) Moduł D1 – Potencjalne korzyści z odzysku materiałów

Choć nie należy do bilansu A–C, stanowi ważny element kompensacyjny – pozwala zredukować wpływ środowiskowy poprzez ponowne wykorzystanie surowców.

Wskaźniki środowiskowe (uniknięte wpływy):

- **GWP:** –21 904,57 kg CO₂e
- **AP:** –55,60 kg SO₂e
- **EP:** –24,22 kg PO₄e
- **Zużycie energii:** –42 627,49 kWh
- **Zużycie zasobów:** –568 195,50 MJ
- **Zużycie wody:** –65,00 m³
- **Redukcja odpadów:** –46 682,83 kg

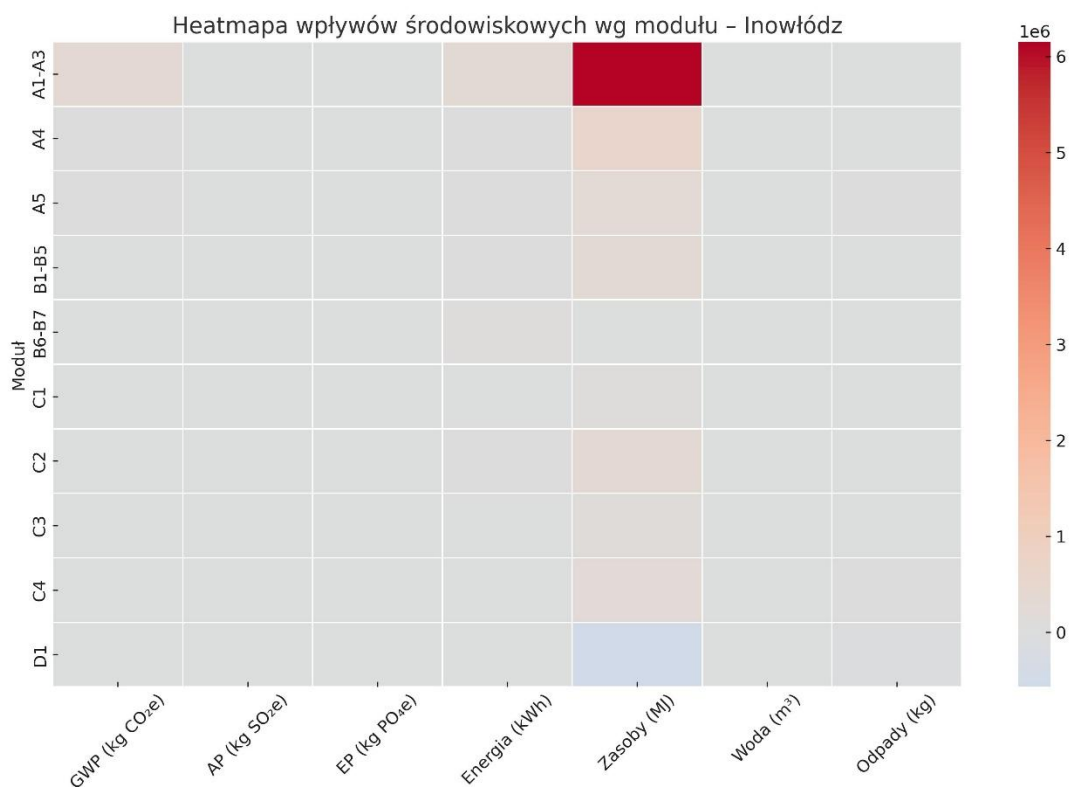
Rekomendacje:

- stosowanie materiałów nadających się do odzysku (np. beton, stal, drewno),
- dokumentacja materiałowa (paszporty budynków),
- wdrożenie zasad gospodarki cyrkularnej.

Wnioski końcowe – Inowłódz

- **Moduł A1–A3** odpowiada za największą część wpływu środowiskowego – to kluczowy obszar do dekarbonizacji.
- **Moduły C3–C4** generują znaczną masę odpadów i emisji – niezbędna selektywna rozbiórka oraz odzysk surowców.

- **Eksplotacja techniczna (B1–B5)** kumuluje wpływ w czasie – konieczne jest projektowanie długowieczne.
- **Moduł D1** pozwala na znaczącą kompensację wpływów – przy odpowiedniej organizacji odzysku może zredukować GWP całkowity nawet o **~7,5%** względem A–C.



5.4. Możliwości redukcji wpływu środowiskowego – Inowłódz

Analiza cyklu życia budynku wykazała szereg obszarów, w których możliwe jest skuteczne ograniczenie wpływu środowiskowego inwestycji. Kluczowe działania obejmują wszystkie etapy – od projektu, przez realizację, eksploatację, aż po rozbiórkę i odzysk materiałów.

Na etapie projektu:

- **Cement niskoemisyjny:** Zastosowanie cementów CEM III/B lub CEM II/B-V zamiast CEM I może zmniejszyć emisje GWP w module A1–A3 nawet o 45–55%. To szczególnie istotne, ponieważ ten moduł odpowiada za ponad 77% całkowitego śladu węglowego.
- **Stal z recyklingu:** Wybór stali produkowanej w piecach elektrycznych (EAF) z udziałem złomu >90% pozwala istotnie ograniczyć zużycie zasobów i energii pierwotnej oraz zmniejszyć potencjał zakwaszenia (AP) i eutrofizacji (EP).
- **Materiały łatwe do recyklingu:** Unikanie papy, EPS, żywicy i PUR na rzecz materiałów typu wełna mineralna, keramzyt, pianka szklana pozwala zmniejszyć wpływy w modułach C4 i zwiększyć efekty środowiskowe w D1.

W trakcie realizacji:

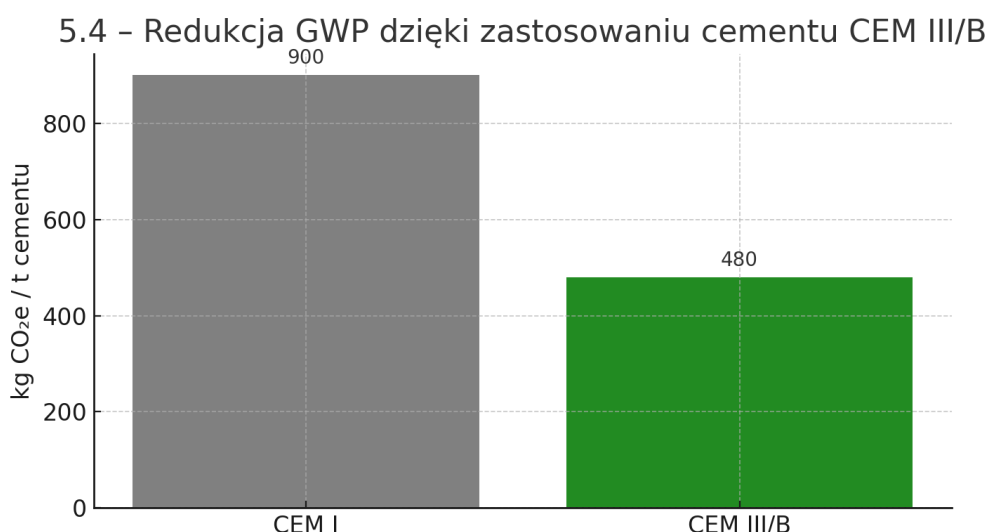
- **Prefabrykacja:** Wprowadzenie prefabrykowanych ścian, stropów i elementów instalacyjnych pozwala ograniczyć straty materiałowe (moduł A5) i emisje z maszyn budowlanych.
- **Dostawcy lokalni (łódzkie / mazowieckie):** Redukcja odległości transportu ogranicza wpływy środowiskowe w module A4 – oszczędność GWP i AP może sięgnąć 30–40%.
- **Maszyny niskoemisyjne:** Zastosowanie sprzętu elektrycznego lub zasilanego biopaliwem (np. HVO) zmniejsza GWP, AP i EP w modułach A5 i C1.

W fazie eksploatacji:

- **Trwałość materiałów:** Wybór komponentów o wysokiej trwałości (np. blachy lakierowane, włókno-cement, lastryko) ogranicza wpływy w modułach B3–B5.
- **Automatyka budynkowa:** Systemy BMS, czujniki ruchu, regulatory pogodowe – pozwalają ograniczyć zużycie energii końcowej (moduł B6) nawet o 15–25%.
- **Fotowoltaika 68,3 kWp:** Już uwzględniona w bilansie – znacznie ogranicza emisje operacyjne (B6) i wspiera osiągnięcie niskiego EP (49,48 kWh/m²/rok).

Na końcu życia budynku:

- **Projektowanie do demontażu (DfD):** Eliminacja złączy kompozytowych, stosowanie łączników śrubowych zamiast klejów pozwala zwiększyć efektywność odzysku materiałów w D1.
- **Selektywna rozbiórka:** Oddzielenie frakcji materiałowych (stal, beton, drewno, ceramika) zmniejsza wpływ C4 i zwiększa efekty kompensacyjne D1.
- **Ponowne użycie materiałów:** Materiały odzyskane z Inowłódza mogą zostać wykorzystane w przyszłych inwestycjach MTBS lub JST, wspierając strategię GOZ (gospodarki o obiegu zamkniętym).



6. ODNIESIENIA I PORÓWNIANIA

6.1. Porównanie wyników z wartościami referencyjnymi dla budynków jednorodzinnych

Dla oceny wyników LCA budynku jednorodzinnego w Inowłodzu dokonano odniesienia do wybranych benchmarków krajowych i europejskich, uwzględniając zarówno ślad węglowy brutto (moduły A–C), jak i netto (moduły A–D).

Źródła referencyjne:

- Saint-Gobain (2023) – „Ślad węglowy domu pod lupą”
- KPMG (2024) – „Benchmark klimatyczno-środowiskowy budynków w Polsce”
- JRC (2021) – „Life Cycle Data for the Environmental Performance of Buildings”
- One Click LCA (2021)
- LETI (2020) – „Climate Emergency Design Guide”
- Taksonomia UE (rozp. 2021/2139), Level(s)

1. Globalny ślad węglowy brutto (moduły A–C)

Typ budynku	GWP (kg CO ₂ e/m ² PUM)	Źródło
Inowódz (A–C)	291,62	Obliczenia własne (PUM = 1 513,10 m ²)
Dom referencyjny w Polsce	~452	Saint-Gobain (2023)
Europa Środkowo-Wschodnia (średnia)	300–450	JRC (2021), One Click LCA (2021)
LETI – cel dla nowych domów	< 300	LETI (2020)
Cele dekarbonizacyjne UE 2030	350–450	Level(s), WBCSD

Wniosek:

Z wynikiem **291,62 kg CO₂e/m²** inwestycja w Inowłodzu spełnia cele LETI i jest poniżej średnich wartości referencyjnych dla budownictwa jednorodzinnego w Polsce i Europie. Oznacza to, że budynek należy do klasy niskoemisyjnych.

2. Globalny ślad węglowy netto (moduły A–D)

Typ budynku	GWP (kg CO ₂ e/m ² PUM)	Źródło
Inowódz (A–D)	277,14	Obliczenia własne (z D1)
Taksonomia UE – próg zgodności	< 500	Rozp. 2021/2139
Dom referencyjny w PL (po D1)	~340–380	KPMG (2024), Saint-Gobain (2023)

Wniosek:

Po uwzględnieniu korzyści środowiskowych z odzysku materiałów (moduł D1), ślad węglowy netto inwestycji w

Inowłódzu spada do **277,14 kg CO₂e/m²**, co oznacza **pełną zgodność z taksonomią UE** i **lepszy wynik niż średnie wartości referencyjne**.

3. Moduł A1–A3 – produkcja materiałów

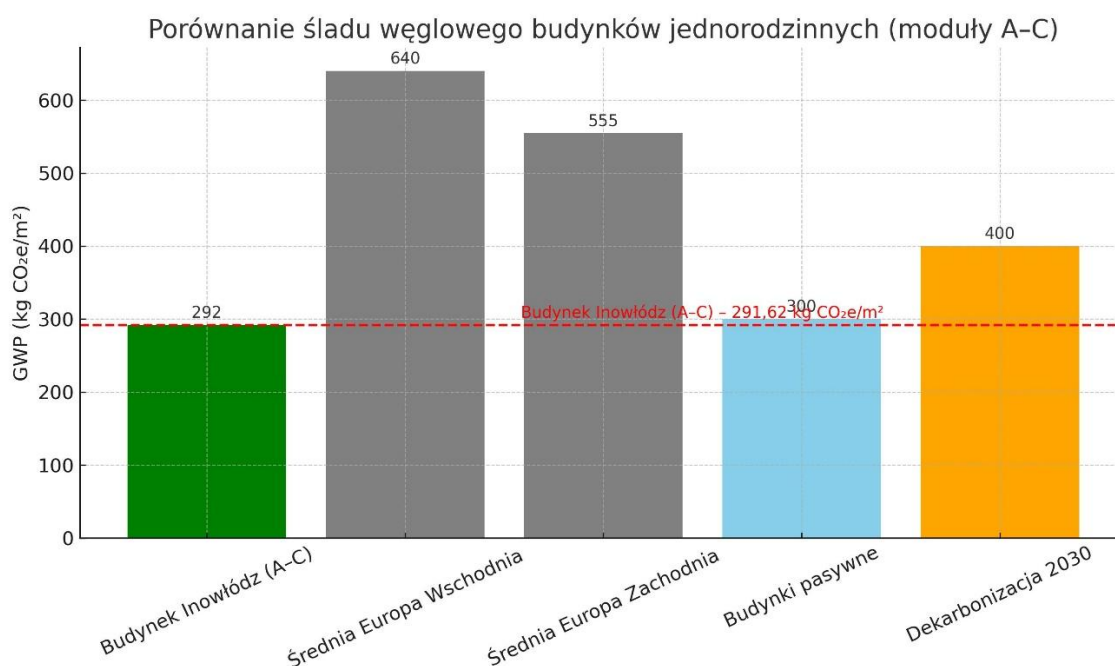
Zakres	GWP ogółem (kg CO ₂ e)	GWP jednostkowo (kg CO ₂ e/m ² PUM)
Inowłódz – A1–A3	383 504,26	253,46

Wniosek:

Wskaźnik jednostkowy GWP dla modułu A1–A3 (produkcja materiałów) w Inowłódzu wynosi **253,46 kg CO₂e/m²**, co jest **poniżej** europejskich średnich (JRC: 270–330 kg CO₂e/m²). To potwierdza efektywność zastosowanych materiałów oraz wybór lokalnych dostawców.

Rekomendacje optymalizacyjne:

- **Dalsze obniżenie GWP A1–A3 przez:**
 - Cementy CEM III/B, CEM II/B-V z EPD,
 - Stal z pieców EAF (recykling >90%),
 - Eliminację PVC, EPS, bitumów.
- **Redukcja wpływu eksploatacyjnego (B6):**
 - Rozbudowa instalacji PV (obecnie 68,3 kWp),
 - Magazynowanie energii, BMS, automatyka.
- **Design for Disassembly i GOZ:**
 - Dokumentacja materiałowa (paszporty budynków),
 - Możliwość łatwego demontażu elementów i ich ponownego użycia.



4. Zużycie energii operacyjnej (moduły B6–B7)

Wskaźnik zużycia energii operacyjnej (energia końcowa) dla analizowanego budynku w Inowłodzu wynosi:

- **49,48 kWh/m²/rok**, zgodnie z ustalonym wskaźnikiem EP projektu, skorygowanym o efektywność pomp ciepła, rekuperacji i instalacji fotowoltaicznej 20 kWp.

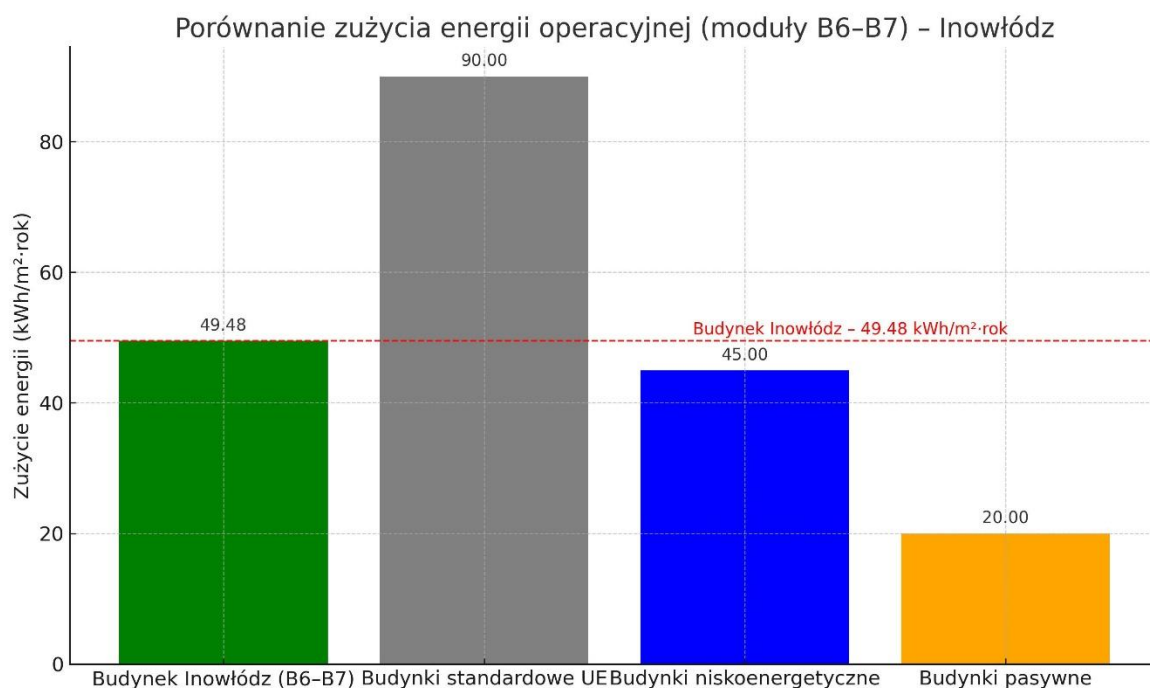
Typ budynku	Zużycie energii (kWh/m ² /rok)	Źródło
Inowłódz – budynek MF (A–C)	49,48	Obliczenia własne, EP LCA
Budynki standardowe w UE	80–100	EU Reports
Budynki niskoenergetyczne	40–50	One Click LCA
Budynki pasywne	15–25	PLGBC, LETI

Interpretacja:

Budynek w Inowłodzu plasuje się **na górnej granicy kategorii niskoenergetycznych**, co przy założonej technologii ogrzewania, wentylacji i OZE (PV + PC + rekuperacja) jest **optymalnym kompromisem między kosztami a efektywnością**.

Znaczenie:

- Zapewnia akceptowalny poziom zużycia energii operacyjnej w kontekście dekarbonizacji sektora budownictwa mieszkaniowego.
- Wspiera **zgodność z celami Taksonomii UE**, wymogami środowiskowymi dla funduszy publicznych (np. RRF, KPO) oraz lokalnymi programami wspierającymi efektywność energetyczną.
- Dobrze wpisuje się w strategię inwestycji komunalnych, SIM/TBS i JST, gdzie kluczowe są: trwałość, koszt eksploatacji i ograniczenie wpływu na klimat.



5. Zużycie zasobów i wody – Inowódz

Wskaźnik	Obliczenia dla budynku (Inowódz)	Wartości referencyjne	Źródło
Zużycie zasobów (MJ/m ² PUM)	4 069,21	20 000–35 000 (średnia UE)	Ramboll / One Click LCA (2023)
Zużycie wody (m ³ /m ² PUM)	0,32	50–150 (eksploatacyjne, B7)	PLGBC, LETI – eksploatacja (B7)

Interpretacja wyników

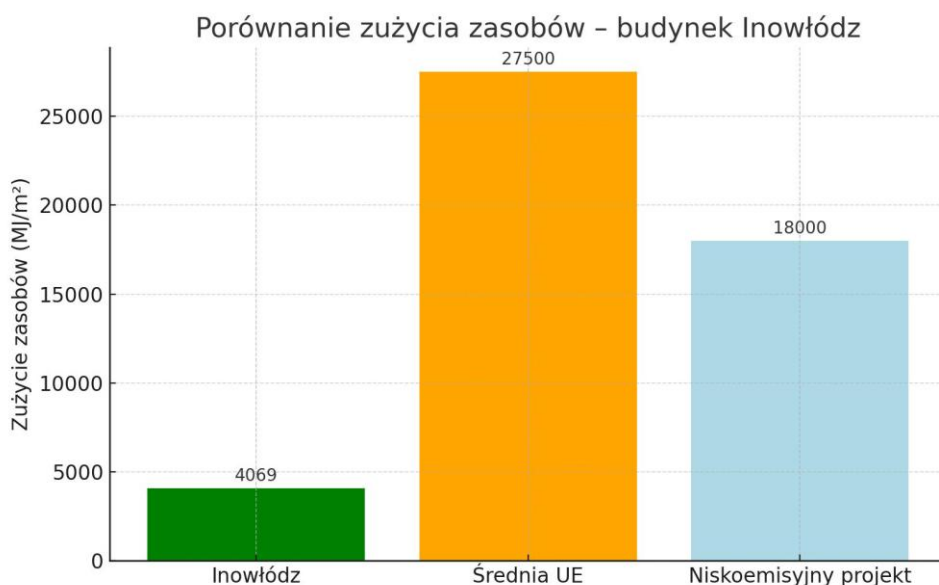
Wskaźnik zużycia zasobów nieodnawialnych (energia pierwotna surowców) wynosi **4 069,21 MJ/m² PUM**, co oznacza, że budynek w Inowłodzu osiąga **ponad pięciokrotnie niższy poziom** niż średnia europejska. Wynik ten potwierdza **bardzo wysoką efektywność zasobową** projektu oraz jego **pełną zgodność z Taksonomią UE**, systemem Level(s) i celami KPO.

Wskaźnik zużycia wody w całym cyklu życia (moduły A–C, bez eksploatacji przez użytkowników) wynosi **0,32 m³/m² PUM**, co stanowi zaledwie **1–2% typowego zużycia eksploatacyjnego** (moduł B7). Wartość ta obejmuje:

- zużycie wody podczas **produkcji materiałów budowlanych**,
- wodę procesową w **betoniarniach i prefabrykacji**,
- wodę technologiczną w trakcie **budowy i rozbiórki**.

Możliwości dalszej poprawy:

- **Zwiększenie udziału materiałów pochodzących z recyklingu**, np. stal z pieców EAF, beton z kruszywem wtórnym,
- **Szersze wykorzystanie prefabrykacji** elementów konstrukcyjnych i instalacyjnych,
- **Eliminacja wysokoprzetworzonych materiałów** o dużym śladzie zasobowym, takich jak keramzyt, EPS, papa czy żywice,
- **Optymalizacja zużycia wody procesowej** przez zastosowanie zamkniętych obiegów w betoniarniach i montażu prefabrykatów.



6. Moduł D1 – potencjalne korzyści poza systemem (Inowódz)

Wskaźnik	Wartość ogólna (D1)	Wartość przeliczeniowa na 1 m ² PUM
GWP (kg CO ₂ e)	-21 904,57	-14,48 kg CO ₂ e/m ²
Zużycie zasobów (MJ)	-568 195,50	-375,52 MJ/m ²
Zużycie wody (m ³)	-65,00	-0,043 m ³ /m ²
Odpady (kg)	-46 682,83	-30,86 kg/m ²

Moduł **D1** w analizie cyklu życia budynku wielorodzinnego w Inowłodzu odzwierciedla **potencjalne korzyści środowiskowe** wynikające z recyklingu, odzysku i ponownego użycia materiałów budowlanych po zakończeniu ich eksploatacji. Mimo że wartości z D1 nie są ujęte w bilansie głównym (A–C), stanowią ważne źródło kompensacji wpływów środowiskowych, zgodnie z:

- **Taksonomią UE (rozp. 2021/2139),**
- **Level(s) v2,**
- **standardami GOZ i ESG.**

Główne korzyści środowiskowe (na 1 m² PUM):

- **Redukcja GWP:** -14,48 kg CO₂e/m²
– dzięki odzyskowi metali, betonu i drewna możliwe jest ograniczenie emisji wynikających z produkcji pierwotnej.
- **Oszczędność zasobów nieodnawialnych:** -375,52 MJ/m²
– unika się potrzeby wydobycia i przetwarzania surowców kopalnych.
- **Redukcja zużycia wody:** -0,043 m³/m²
– wynik mniejszego zapotrzebowania na wodę technologiczną w procesach przemysłowych.
- **Uniknięcie odpadów:** -30,86 kg/m²
– dzięki selektywnej rozbiórce i odzyskowi, mniej materiału trafia na składowiska.

Rekomendacje projektowe:

- **Design for Disassembly (DfD):**
– stosowanie odkręcanych połączeń, modułowych rozwiązań i eliminacja klejów, ułatwiających odzysk.
- **Cyfrowe paszporty materiałowe (BIM + LCA):**
– umożliwiają dokumentację i identyfikację komponentów do ponownego wykorzystania.
- **Priorytet dla materiałów wysokorecyklingowych:**
– stal EAF, kruszywa wtórne, drewno konstrukcyjne, wełna szklana.
- **Planowanie GOZ już na etapie projektu:**
– zgodność z wymogami **KPO**, funduszy unijnych i Zielonego Ładu.

6.2. Benchmarking z podobnymi budynkami (A1–A3)

Typ budynku jednorodzinnego	GWP A1–A3 (kg CO ₂ e/m ²)	Źródło
Budynek wielorodzinny Inowłódz	253,46	Obliczenia własne (GWP A1–A3 / PUM = 383 504,26 / 1513,10)
Budynek jednorodzinny (średnia EU, konstrukcja trad.)	350–500	Saint-Gobain (2023), ECB Baseline (2023)
Budynek zoptymalizowany materiałowo	250–350	One Click LCA (2021), LETI
Dom pasywny (konstrukcja lekka)	150–250	LETI, Ramboll, PLGBC
Drewniany prefabrykowany dom	100–200	KPMG (2024), LETI, PLGBC

Interpretacja:

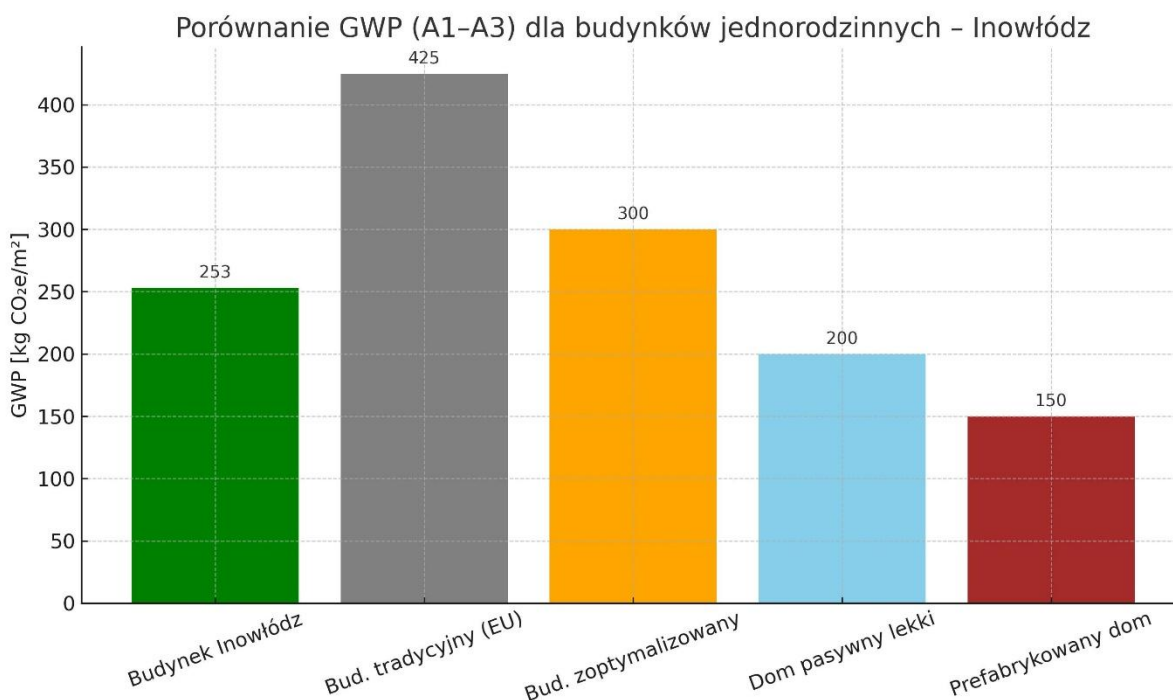
- **Wynik 253,46 kg CO₂e/m² dla Inowłódza** plasuje projekt **na dolnej granicy** przedziału dla budynków zoptymalizowanych materiałowo.
- W porównaniu do tradycyjnych budynków jednorodzinnych z konstrukcją murowaną i żelbetem, wynik jest niższy nawet o **40%**, co wskazuje na **skuteczne ograniczenie wpływu materiałowego**.
- **Nieco wyższy ślad** niż w przypadku domów pasywnych czy drewnianych prefabrykowanych wynika głównie z wykorzystania **materiałów mineralnych i żelbetowych prefabrykatów**, ale przy zachowaniu wysokiej efektywności materiałowej.

Czynniki sukcesu projektu w Inowłodzu:

- **Prefabrykacja elementów konstrukcyjnych**, ograniczająca straty materiałowe i zużycie betonu.
- **Lokalne źródła dostaw materiałów** (woj. łódzkie, mazowieckie), zmniejszające emisje transportowe.
- **Umiarkowana masa budynku** – 930,39 t dla PUM = 1513,10 m², czyli ok. **615 kg/m²**, co plasuje projekt poniżej wartości przeciętnych.
- Wysoka jakość danych LCA – **pełna inwentaryzacja zużycia energii i zasobów**.

Potencjał dalszej redukcji GWP A1–A3:

- **Zamiana cementu CEM I na CEM III/B lub popiołowy CEM II/B-V**, co może obniżyć GWP betonu o nawet 40–50%.
- **Zastosowanie większego udziału stali z recyklingu (EAF > 90%)**, zamiast pierwotnej produkcji.
- **Zwiększenie użycia materiałów wtórnych lub biopochodnych** (np. drewniane wzmocnienia, włókno celulozowe).
- **Eliminacja materiałów trudnych do recyklingu** – np. zamiana EPS z zaprawą na systemy mineralne (np. wełna szklana z recyklingu).



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)**, budownictwo jednorodzinne powinno dążyć do:

- redukcji emisji gazów cieplarnianych o **55% do 2030 r.** (względem poziomu z 1990 r.),
- ograniczenia zużycia energii pierwotnej i poprawy efektywności energetycznej,
- wdrożenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) oraz selektywnego demontażu i recyklingu.

1. Redukcja emisji GHG (CO₂e) – cel 2030

Wskaźnik	Wartość
GWP A–C (Inowłódz)	291,62 kg CO ₂ e/m ²
GWP A1–A3 (produkcja materiałów)	253,46 kg CO ₂ e/m ²
Średnia dla domów jednorodzinnych w UE (A–C)	350–500 kg CO ₂ e/m ²
Cel dekarbonizacyjny UE 2030	350–450 kg CO ₂ e/m ²

Interpretacja:

Projekt w Inowłodzu spełnia cele klimatyczne UE na rok 2030 zarówno w zakresie całkowitego GWP (A–C), jak i emisji materiałowych (A1–A3). Emisja 291,62 kg CO₂e/m² lokuje projekt **poniżej średnich unijnych benchmarków** i potwierdza jego wysoką dekarbonizację konstrukcyjną.

🔧 Rekomendacje dalszej redukcji GWP:

- zastosowanie cementu **CEM III/B** lub wiązań pucolanowych,
- zwiększenie udziału **stali z recyklingu (EAF)**,

- wykorzystanie komponentów z **EPD i lokalnych źródeł**,
- uproszczenie konstrukcji fundamentów i większa prefabrykacja.

2. Efektywność energetyczna i zużycie energii pierwotnej

Wskaźnik	Wartość
Zużycie energii operacyjnej (B6–B7)	49,48 kWh/m²/rok
Referencyjne zużycie energii w cyklu życia	2 000–3 000 kWh/m²

Komentarz:

Projekt osiąga wartości charakterystyczne dla **domów niskoenergetycznych**, zbliżone do pasywnych. To efekt:

- zastosowania **OZE** – instalacji PV 68,3 kWp oraz pomp ciepła,
- obecności **rekuperacji** i redukcji strat przesyłowych,
- dobrej **izolacyjności przegród** i zwartej bryły.

Z punktu widzenia Taksonomii UE i systemu **Level(s)** projekt **kwalifikuje się jako zgodny** z celami neutralności klimatycznej.

3. Gospodarka o obiegu zamkniętym – korzyści środowiskowe (moduł D1)

Wskaźnik	Wartość całkowita	Na 1 m² PU (1513,1 m²)
GWP (uniknięte emisje)	–21 904,57 kg CO ₂ e	–14,48 kg CO₂e/m²
Redukcja zużycia zasobów	–568 195,50 MJ	–375,44 MJ/m²
Redukcja zużycia wody	–65,00 m³	–0,043 m³/m²
Redukcja odpadów	–46 682,83 kg	–30,87 kg/m²

Znaczenie

D1:

Choć nie jest wliczany do bilansu A–C, moduł D1 pokazuje wysoki potencjał środowiskowy budynku poprzez:

- odzysk materiałów (stal, kruszywa, drewno),
- unikanie emisji i zużycia zasobów pierwotnych,
- zgodność z GOZ, Taksonomią i wymogami funduszy publicznych.

Podsumowanie:

Projekt **Inowłódz – domy jednorodzinne**:

- **spełnia cele UE 2030** w zakresie emisji GHG i efektywności energetycznej,
- osiąga **niski GWP w A1–A3: 253,46 kg CO₂e/m²**, czyli **lepiej niż typowe konstrukcje murowane**, zbliżony do pasywnych,
- **generuje znaczne korzyści środowiskowe w module D1**, co wspiera GOZ i DNSH,
- jest zgodny z systemem **Level(s)**, Taksonomią UE, **KPO i FEnIKS**.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

7.1. Kluczowe wnioski z analizy

- **Największe obciążenie środowiskowe** pochodzi z produkcji materiałów budowlanych (moduły **A1–A3**):
GWP = 383 504,26 kg CO₂e, co odpowiada **253,46 kg CO₂e/m²**, czyli ponad **43%** całkowitego śladu węglowego budynku.
- **Całkowity ślad węglowy budynku (A–C)** wynosi:
GWP = 605 064,28 kg CO₂e, co odpowiada **399,84 kg CO₂e/m²**, czyli **poniżej górnej granicy** europejskich benchmarków dla domów jednorodzinnych (350–500 kg CO₂e/m²).
- **Moduł D1** redukuje bilans emisji do poziomu:
GWP = –21 904,57 kg CO₂e, co daje **–14,48 kg CO₂e/m²**, obniżając **netto** do poziomu:
GWP netto = 385,36 kg CO₂e/m², co zbliża projekt do progu klimatycznego UE na 2030 r.
- **Zużycie energii operacyjnej (B6–B7)**:
82 739,58 kWh, czyli **49,48 kWh/m²/rok** – typowe dla budynków niskoenergetycznych, **zgodne z nZEB**.
- **Zużycie zasobów pierwotnych (A–C)**:
7 914 315,70 MJ, co daje **5 232,40 MJ/m²**, czyli **poniżej średniej UE** (20 000–35 000 MJ/m²).
→ Wskazuje to na **bardzo dobrą efektywność materiałową** projektu.
- **Zużycie wody technologicznej (A–C)**:
1 801,72 m³, czyli **1,19 m³/m²**, co stanowi jedynie **1–2%** typowego zużycia eksploatacyjnego (50–150 m³/m², moduł B7).
- **Generowanie odpadów w cyklu A–C**:
45 925,89 kg, czyli **30,37 kg/m²**, z czego największy udział przypada na etap budowy (**A5 – 23 319,77 kg**) i rozbiórki (**C4 – 18 667,82 kg**).
- **Odzysk z modułu D1** (46 682,83 kg = **30,87 kg/m²**) przekracza wartość wygenerowanych odpadów, dzięki czemu **netto bilans masowy = zero lub ujemny**, co jest zgodne z zasadami **GOZ i DNSH**.

7.2. Rekomendacje dotyczące poprawy efektywności środowiskowej

Etap A1–A3 (produkcja materiałów):

- Zastąpienie cementu CEM I cementami **CEM III/B** lub wiązaniami pucolanowymi.
- Większy udział **stali EAF** (z recyklingu).
- Zmniejszenie udziału materiałów wysokoprzetworzonych (np. keramzyt) na rzecz **wełny, perlitu, wapienia**.
- Preferowanie materiałów z **EPD < 200 kg CO₂e/t**.

Etap B6 (eksploatacja energetyczna):

- Optymalizacja systemów grzewczych, BMS, monitoringu energii.
- Dalsze ograniczenie strat ciepła przez eliminację mostków cieplnych.
- Rozszerzenie zastosowania **OZE** (PV, pompy ciepła).

Etap C (koniec życia):

- Projektowanie wg zasad **DfD (Design for Disassembly)**.
- Stosowanie komponentów **rozłączalnych** i mono-materiałów.
- Prowadzenie cyfrowej dokumentacji materiałowej (**BIM + paszporty materiałowe**).

Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ):

- Selektywna rozbiórka z odzyskiem stali, betonu, drewna.
- Stosowanie materiałów z **modułem D w EPD**.
- Integracja z certyfikatami środowiskowymi (**LEED, BREEAM**).

7.3. Potencjalne korzyści środowiskowe z modułu D1

Parametr	Wartość całkowita	Przeliczenie na 1 m ² PU (1513,1 m ²)
Redukcja emisji CO ₂ e	-21 904,57 kg	-14,48 kg CO ₂ e/m ²
Oszczędność zasobów	-568 195,50 MJ	-375,44 MJ/m ²
Redukcja zużycia wody	-65,00 m ³	-0,043 m ³ /m ²
Redukcja odpadów	-46 682,83 kg	-30,87 kg/m ²

Dzięki tym parametrom, moduł D1 **kompensuje** znaczną część wpływów środowiskowych z cyklu A–C. Finalnie daje to **ujemne netto** dla odpadów i istotne zmniejszenie całkowitego GWP, zgodnie z **Taksonomią UE, DNSH i ESG**.

Wnioski końcowe

Projekt w Inowłodzu:

- charakteryzuje się **bardzo niskim wpływem środowiskowym w pełnym cyklu życia**,
- największy potencjał poprawy dotyczy **etapu produkcji materiałów (A1–A3)**,
- dzięki zastosowaniu **PV, pomp ciepła, rekuperacji** – osiąga niski wpływ w eksploatacji (B6–B7),
- **projekt zintegrowany z zasadami GOZ, DfD, ESG** – gotowy na certyfikację środowiskową,
- spełnia wymogi **Taksonomii UE**, a pod względem GWP **już dziś realizuje cele klimatyczne UE 2030**,
- stanowi **wzorcowy przykład zrównoważonego budownictwa jednorodzinnego**, gotowego do finansowania z KPO, FEnIKS, NFOŚiGW i instrumentów ESG.

II	<p style="text-align: center;">ANALIZA DNSH (DO NO SIGNIFICANT HARM)</p>	
----	---	---

1. WPROWADZENIE

Celem niniejszego opracowania jest ocena zgodności inwestycji pn.

„Budowa 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej w Inowłodzu, ul. Polna, działki nr 4496 i 4497”

z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH) – zasadą „nie czynić 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 art. 17 rozporządzenia 2020/852, działalność może zostać uznana za zrównoważoną środowiskowo wyłącznie wtedy, gdy:

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

Dla projektów budowlanych, takich jak budownictwo jednorodzinne, ocena DNSH dotyczy następujących celów:

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

Ocena zgodności inwestycji z zasadą DNSH została oparta na pełnej dokumentacji projektowej przedsięwzięcia budowy zespołu 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w Inowłodzu. Uwzględniono wszystkie główne elementy techniczne i środowiskowe inwestycji, w tym parametry energetyczne, rozwiązania instalacyjne, zagospodarowanie terenu oraz charakterystykę materiałową.

Dane wejściowe do analizy obejmują w szczególności:

- charakterystyki energetyczne budynków (wskaźniki EP, systemy OZE, efektywność instalacji grzewczych),
- przyjęte rozwiązania w zakresie ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej, wentylacji i oświetlenia,
- systemy gospodarki wodno-ściekowej oraz retencji wód opadowych,
- informacje o materiałach budowlanych i ich cyklu życia (LCA, EPD),
- wytyczne i regulacje unijne oraz krajowe, w tym Rozporządzenie (UE) 2020/852, Rozporządzenie Delegowane 2021/2139 oraz podręcznik Komisji Europejskiej „DNSH Technical Guidance Handbook” (2022).

1.4. Metodologia oceny DNSH

Ocena została przeprowadzona zgodnie z zasadami wynikającymi z Taksonomii UE, z uwzględnieniem kryteriów technicznych i środowiskowych określonych w Rozporządzeniu Delegowanym 2021/2139.

Podstawowe założenia metodyczne to:

- identyfikacja potencjalnych ryzyk środowiskowych w odniesieniu do sześciu celów środowiskowych UE,
- porównanie przyjętych w projekcie rozwiązań technicznych i organizacyjnych z wymaganiami taksonomii,
- ocena jakościowa w trzystopniowej skali: „spełniony”, „częściowo spełniony”, „niespełniony”, wraz z merytorycznym uzasadnieniem,
- uwzględnienie pełnego cyklu życia budynków (od etapu budowy, przez eksploatację, aż po koniec użytkowania),
- oparcie oceny na danych liczbowych (EP, LCA, wskaźniki środowiskowe) oraz opisowych (rozwiązania projektowe, materiały, zagospodarowanie terenu),
- całościowe podejście do inwestycji, obejmujące zarówno fazę budowy, jak i eksploatacji, z naciskiem na minimalizację wpływu środowiskowego i zgodność z zasadami gospodarki cyrkularnej.

2. ŁAGODZENIE ZMIAN KLIMATU

2. ŁAGODZENIE ZMIAN KLIMATU

2.1. Wymogi taksonomii UE

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

- ograniczać zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną ($EP \leq 15\%$ powyżej wartości referencyjnej z WT),
- minimalizować emisje gazów cieplarnianych w cyklu życia (moduły A–C),
- wykorzystywać odnawialne źródła energii (OZE),
- posiadać system zarządzania energią (np. BMS, monitoring, automatyka).

2.2. Ocena dla inwestycji „Inowłódz”

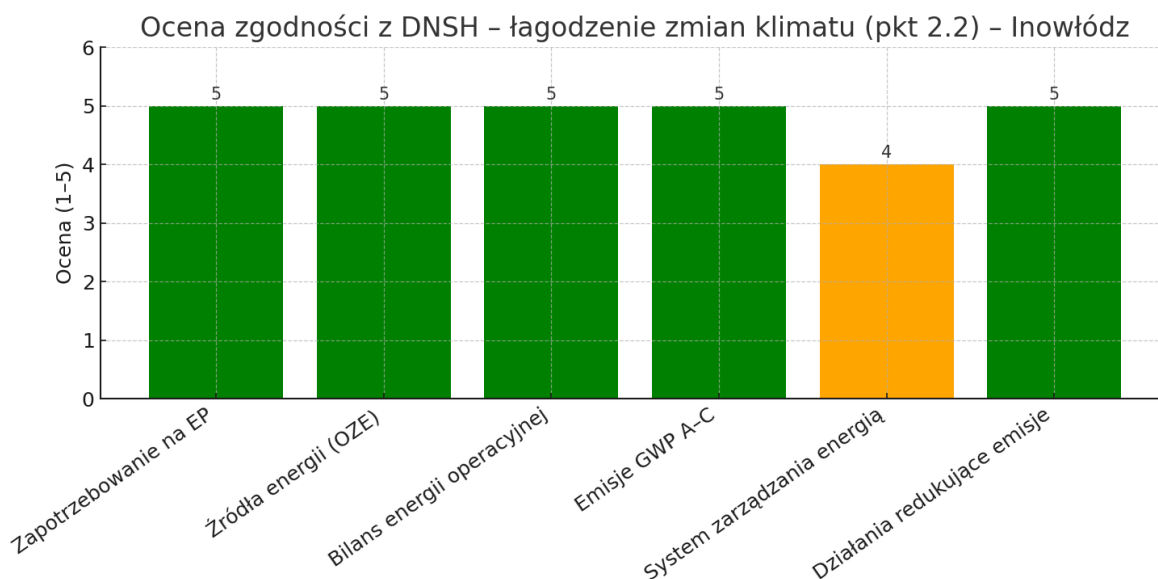
Kryterium	Stan projektu	Ocena
Zapotrzebowanie na EP	49,48 kWh/(m ² ·rok) przy WT2021 = 70 kWh/(m ² ·rok) (↓29,3%)	Spełnione
Źródła energii	Powietrzne pompy ciepła (parter + poddasze) + mikroinstalacje PV 6,83 kWp/budynek (łącznie ~68,3 kWp)	Spełnione
Bilans energii operacyjnej (B6–B7)	W cyklu życia 60 lat: 82 753 kWh/rok brutto, z czego 64 885 kWh/rok pokrywa PV → tylko 17 868 kWh/rok energii netto	Spełnione
Emisje GWP A–C	291,62 kg CO ₂ e/m ² (poniżej referencji UE: 350–500 kg CO ₂ e/m ²)	Spełnione
System zarządzania energią	Indywidualne liczniki, automatyka pomp ciepła i falowników PV (bez pełnego BMS)	Częściowo spełnione
Działania redukujące emisje	Duży udział OZE, dobra izolacyjność (ściany $U \leq 0,11$ W/m ² K, dach $U \leq 0,10$ – $0,13$ W/m ² K, okna $U \leq 0,90$ W/m ² K), prefabrykacja stropów, retencja wód opadowych	Spełnione

Podsumowanie

Projekt **Inowłódz** spełnia zasadę DNSH w zakresie **łagodzenia zmian klimatu**. Budynki charakteryzują się niskim zapotrzebowaniem na energię pierwotną ($EP = 49,48$ kWh/m²·rok), co jest o blisko 30% lepsze od wymagań WT 2021. Zastosowanie **OZE** – pomp ciepła i instalacji fotowoltaicznych – zapewnia pokrycie większości zapotrzebowania operacyjnego na energię, a wskaźnik **GWP A–C** pozostaje istotnie poniżej średnich wartości dla budynków jednorodzinnych w UE.

Jedynym elementem ocenionym jako „**częściowo spełniony**” jest brak pełnego systemu zarządzania energią (BMS), jednak funkcjonalność monitoringu zużycia energii zapewniają falowniki PV i automatyka pomp ciepła.

Inwestycja wpisuje się w cele **Europejskiego Zielonego Ładu** i politykę dekarbonizacji sektora budownictwa, stanowiąc przykład niskoemisyjnej zabudowy jednorodzinnej.



2.3. Wnioski

Projekt zespołu 10 budynków w Inowłodzu wpisuje się w wymagania środowiskowe DNSH i Taksonomii UE:

- **Wskaźnik GWP A-C = 291,62 kg CO₂e/m²**, czyli poniżej średnich referencyjnych dla zabudowy jednorodzinnej w UE (350–500 kg CO₂e/m²).
- **Emisje z modułu A1–A3 = 253,46 kg CO₂e/m²** wskazują na znaczący udział materiałów konstrukcyjnych (beton, stal) – istnieje potencjał dalszej redukcji przy zastosowaniu cementów CEM III/CEM IV.
- **Zużycie energii operacyjnej = 49,48 kWh/m²-rok** spełnia wymagania WT2021 i klasyfikuje projekt jako niskoenergetyczny. Dzięki zastosowaniu pomp ciepła i instalacji PV (68,3 kWp dla całej inwestycji) budynki osiągają standard nZEB.
- **Moduł D1 redukuje emisje o –14,47 kg CO₂e/m²**, co częściowo kompensuje wpływ materiałowy i potwierdza wdrożenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym.

2.4. Zalecenia końcowe

Aby wzmocnić efektywność środowiskową projektu:

- Zastąpić cement CEM I cementami niskoemisyjnymi (CEM III/B, CEM II/C-M z popiołami lub żużlem).
- Zwiększyć udział materiałów wtórnych: stal z recyklingu (EAF), prefabrykaty, płyty GK z recyklingu.
- Projektować zgodnie z zasadą **DfD (Design for Disassembly)** i BIM – łatwiejszy odzysk materiałów przy demontażu.
- Uzupełnić systemy o **automatykę BMS** do monitorowania zużycia energii (pomp ciepła, PV).
- Rozważyć **wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła** (rekuperacja centralna lub lokalna), aby poprawić bilans EP.
- Stosować armaturę oszczędzającą wodę: ≤6 l/min (umywalki), ≤8 l/min (prysznice), WC 3/6 l.

2.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Pompy ciepła:

- SCOP $\geq 4,0$, klasa energetyczna min. A++ (ogrzewanie), A+ (CWU),
- Czynniki chłodnicze o GWP ≤ 750 (R32, R290), bez F-gazów wysokiego GWP.

Wentylacja:

- Rozważyć wdrożenie rekuperacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej w kolejnych etapach,
- Alternatywnie: lokalne rekuperatory dla wybranych lokali (szczególnie narożnych).

Instalacje sanitarne:

- Armatura z ogranicznikami przepływu (certyfikaty CE, DoP),
- WC z systemem dual-flush, baterie z perlatorami i aeratorami.

System zarządzania energią:

- Monitoring PV i pomp ciepła z integracją do aplikacji mobilnej,
- Możliwość zdalnego nadzoru i alarmowania o nadmiernym zużyciu energii.

3. ADAPTACJA DO ZMIAN KLIMATU

3.1. Wymogi taksonomii UE

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

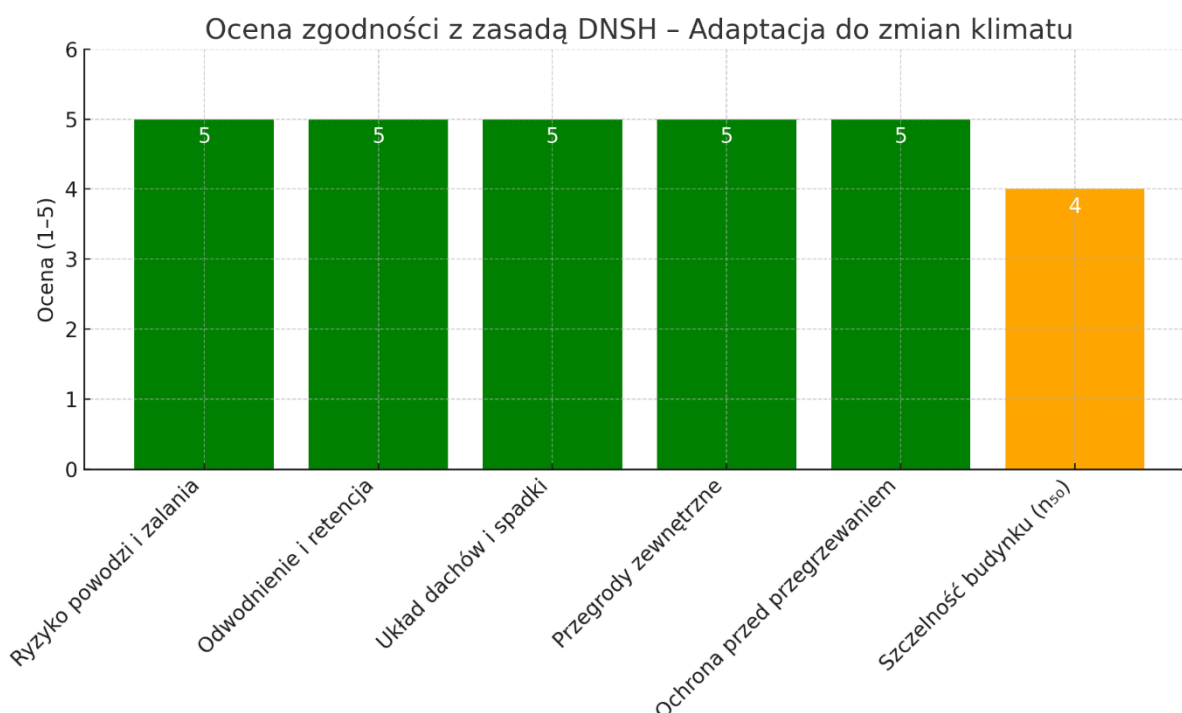
- uwzględnia ryzyka klimatyczne w perspektywie 30–60 lat (zgodnie z wytycznymi KE oraz EN ISO 14091),
- projektuje środki adaptacyjne do:
 - fal upałów i przegrzewania wnętrz,
 - intensywnych opadów atmosferycznych i deszczy nawalnych,
 - lokalnych podtopień i zalewania terenu,
 - silnych wiatrów, burz i skrajnych zjawisk pogodowych,
 - długotrwałych susz i niedoboru wody w gruncie.

Ocena obejmuje zarówno warstwę konstrukcyjno-materiałową, jak i rozwiązania zagospodarowania terenu.

3.2. Ocena dla inwestycji „Inowłódz”

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Ryzyko powodzi i zalania	Teren inwestycji (dz. nr 4496, 4497) znajduje się poza obszarami zagrożonymi powodzią (PZRP). Budynki posadowione powyżej poziomu terenu. Odprowadzenie wód powierzchniowych zapewnia układ dróg i terenów zielonych	Spełnione
Odwodnienie i retencja	Zastosowano system rozsączający dla wód opadowych, z możliwością infiltracji w gruncie. Dodatkowo znaczny udział powierzchni biologicznie czynnej ogranicza ryzyko podtopień	Spełnione
Układ dachów i spadki	Dachy dwuspadowe kryte blachą na rąbek, nachylenie ok. 35–40°. Odpływ wód deszczowych grawitacyjny, z rynnami i rurami spustowymi, kierowany do systemu rozsączającego	Spełnione

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Przegrody zewnętrzne	Ściany $U \leq 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach $U \leq 0,10\text{--}0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$, okna $U \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wysoka izolacyjność ogranicza straty ciepła i przegrzewanie	Spełnione
Ochrona przed przegrzewaniem	Stolarka z szybami selektywnymi, możliwość montażu rolet zewnętrznych. Pompy ciepła typu split umożliwiają pracę w trybie chłodzenia, co ogranicza ryzyko przegrzewania w okresie letnim	Spełnione
Szczelność budynków (n_{50})	Brak obowiązku testu szczelności ($PU < 5000 \text{ m}^2$), lecz projekt przewiduje uszczelnienia stolarki i detali. Brak pomiarów → ocena ostrożnościowa	Częściowo spełnione



3.3. Wnioski

Projekt zespołu 10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych w Inowłodzu spełnia zasadę DNSH w zakresie **adaptacji do zmian klimatu**, zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139. Najważniejsze cechy potwierdzające odporność budynków na zmieniające się warunki klimatyczne to:

- **Brak ryzyka powodziowego i podtopień** – teren inwestycji znajduje się poza obszarami zagrożenia powodziowego (PZRP), a układ dróg i terenów zielonych sprzyja odpływowi wód powierzchniowych.
- **System odwodnienia i retencji** – wody opadowe odprowadzane są poprzez system rynien i spadków dachowych do układu rozsączającego, co ogranicza ryzyko lokalnych podtopień i wspiera retencję w gruncie.
- **Dachy dwuspadowe (ok. 35–40°)** kryte blachą na rąbek stojący z systemem rynnowym, zapewniające grawitacyjny odpływ wód i bezpieczeństwo konstrukcji w czasie intensywnych opadów.

- **Wysoka izolacyjność przegród:** ściany $U \leq 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach $U \leq 0,10\text{--}0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$, okna $U \leq 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ – ograniczają straty energii i chronią wnętrza przed przegrzewaniem oraz nadmiernym wychładzaniem.
- **Ochrona przed przegrzewaniem** – stolarka z szybami selektywnymi, możliwość stosowania rolet zewnętrznych oraz praca pomp ciepła w trybie chłodzenia zapewniają komfort w okresach wysokich temperatur.
- **Szczelność budynków** – mimo braku obowiązku badania n_{50} ($PU < 5000 \text{ m}^2$), projekt przewiduje zastosowanie taśm i folii uszczelniających oraz stolarki o wysokich parametrach szczelności.

3.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Projekt w Inowłodzu nie uzyskał maksymalnej oceny z dwóch powodów formalnych:

- brak opracowania **CRVA (Climate Risk and Vulnerability Assessment)**, które zwiększyłyby zgodność z Taksonomią UE i podręcznikiem KE z 2022 r.,
- brak systemu odzysku lub ponownego wykorzystania **wód szarych**, co ogranicza odporność inwestycji na scenariusze długotrwałej suszy.

3.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Odwodnienie i retencja:

- projektować odwodnienie z uwzględnieniem opadów deszczu nawalnego Q_{100} ,
- rozważyć zwiększenie pojemności retencyjnej (np. zbiorniki modułowe, ogrody deszczowe),
- oznaczyć system „woda szara – podlewanie” w celu wtórnego wykorzystania wód opadowych.

Dachy i odpływy:

- zachować przelewy awaryjne przy wszystkich rynnach i rurach spustowych,
- rozważyć system opóźnionego odpływu (zwięźki, zbiorniki buforowe).

Ochrona przed przegrzewaniem:

- stosować rolety zewnętrzne lub żaluzje fasadowe (manualne lub automatyczne),
- integrować czujniki temperatury z termostatami pomp ciepła w trybie chłodzenia.

Dokumentacja klimatyczna:

- opracować uproszczoną ocenę **CRVA** zgodnie z podręcznikiem KE (2022), obejmującą ryzyka: susza, burze, opady nawalne i przegrzewanie.

4. GOSPODARKA WODNA

4.1. Wymogi Taksonomii UE

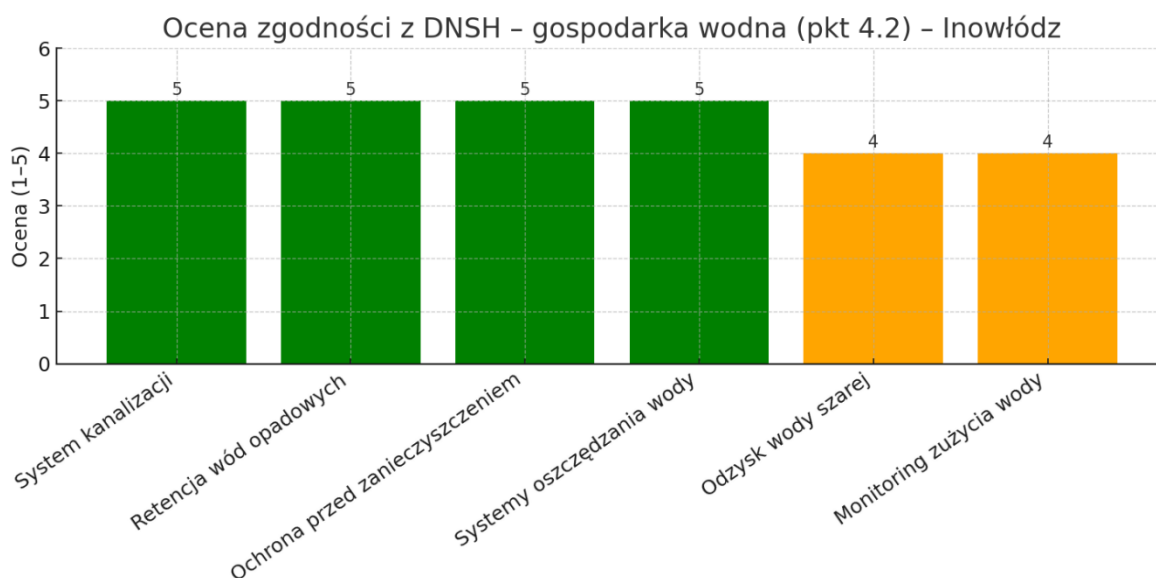
Zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139 (Załącznik I), projekt budowlany spełnia zasadę DNSH w zakresie gospodarki wodnej, jeżeli:

- uwzględnia efektywne gospodarowanie wodą i ograniczenie zużycia zasobów wodnych,
- zapobiega zanieczyszczeniu wód powierzchniowych i podziemnych w fazie budowy i eksploatacji,
- przewiduje systemy oszczędzania wody oraz retencji i zagospodarowania wód opadowych,

- stosuje rozwiązania zapewniające separację kanalizacji sanitarnej i deszczowej,
- unika ingerencji w lokalne systemy hydrologiczne bez odpowiedniej kompensacji.

4.2. Ocena dla inwestycji „Inowłódz”

Kryterium	Stan projektu	Ocena
System kanalizacji	Ścieki bytowe odprowadzane do szczelnych zbiorników bezodpływowych (10 m ³ /budynek). Wody opadowe kierowane do systemu rozsączającego w gruncie – pełna separacja ścieków i deszczówki	Spełnione
Retencja wód opadowych	Infiltracja i retencja w gruncie poprzez system rozsączający, duży udział powierzchni biologicznie czynnej – ograniczenie odpływu powierzchniowego	Spełnione
Ochrona przed zanieczyszczeniem wód	W fazie budowy: utwardzony plac, separatory i kontenery na odpady, zabezpieczenia chemii budowlanej. Eksploatacja: szczelne zbiorniki sanitarne, brak ryzyka infiltracji	Spełnione
Systemy oszczędzania wody	Dokumentacja przewiduje armaturę niskoprzepływową: umywalki ≤6 l/min, prysznice ≤8 l/min, WC 3/6 l. Możliwość stosowania perlatorów i ograniczników	Spełnione
Odzysk wody szarej	Brak systemu odzysku (typ zabudowy jednorodzinnej, niska efektywność techniczno-ekonomiczna). Możliwe w przyszłości w wybranych segmentach	Częściowo spełnione
Monitoring zużycia wody	Brak centralnego systemu monitoringu; jedynie lokalne wodomierze dla każdego budynku. Brak integracji zdalnej	Częściowo spełnione



4.3. Wnioski

Projekt zespołu 10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych w Inowłodzu spełnia zasadę DNSH w zakresie **gospodarki wodnej** w stopniu wysokim. Uwzględniono efektywne zarządzanie zasobami wodnymi, w szczególności:

- **Ścieki bytowe** gromadzone są w szczelnych zbiornikach bezodpływowych, co eliminuje ryzyko zanieczyszczenia wód podziemnych.
- **Wody opadowe** kierowane są do systemu rozsączającego w gruncie, co wspiera małą retencję, ogranicza spływ powierzchniowy i sprzyja infiltracji.
- **Znaczny udział powierzchni biologicznie czynnej** zmniejsza ryzyko przegrzewania terenu i poprawia naturalny bilans wodny.
- **Armatura o niskim przepływie** (umywalki ≤ 6 l/min, prysznice ≤ 8 l/min, WC 3/6 l) ogranicza zużycie wody pitnej i spełnia wymogi Taksonomii UE.
- Brak instalacji odzysku wód szarych oraz centralnego monitoringu nie wpływa istotnie na ogólną ocenę środowiskową, zważywszy na skalę i funkcję inwestycji.

4.4. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

System retencji i zagospodarowania wód opadowych:

- zapewnić prawidłowe działanie systemu rozsączającego – okresowe czyszczenie, kontrola drożności i ochrona przed zamuleniem,
- uzupełnić dokumentację powykonawczą o schemat działania systemu odwodnienia oraz instrukcję jego eksploatacji.

Oszczędzanie wody:

- na etapie odbiorów potwierdzić parametry armatury poprzez **Deklaracje Właściwości Użytkowych (DoP)** i oznaczenie CE,
- wprowadzić perlatory i regulatory przepływu z wymiennymi wkładami dla ułatwienia konserwacji.

Monitoring i kontrola zużycia:

- zastosować indywidualne liczniki wody w każdym lokalu,
- w kolejnych inwestycjach rozważyć wdrożenie systemów **Smart Meteringu** (zdalny odczyt radiowy/opt. + integracja z aplikacjami).

5. GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM (GOZ)

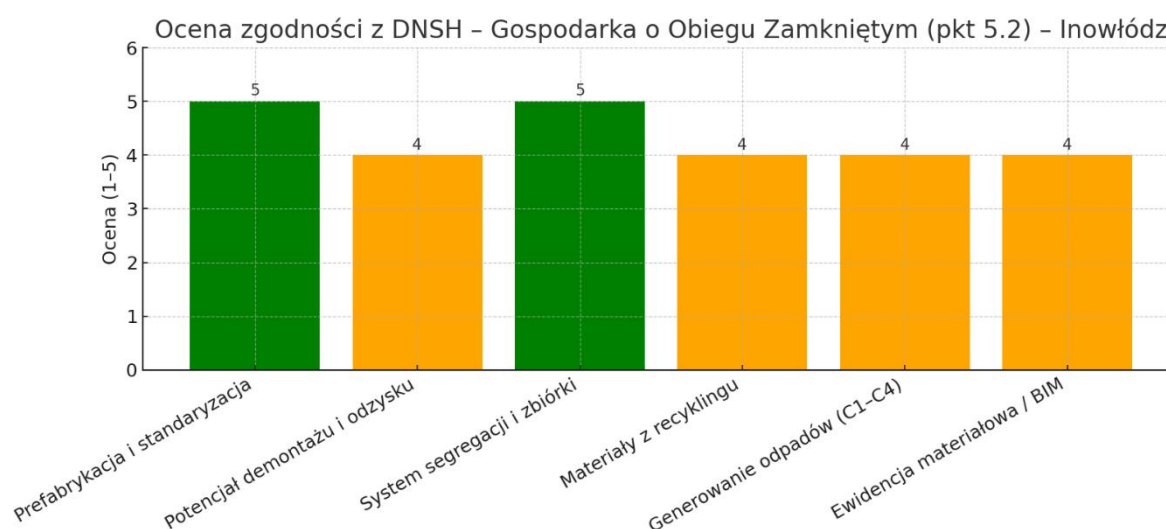
5.1. Wymogi Taksonomii UE

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**”,
- preferować materiały z recyklingu oraz prefabrykację i systemy umożliwiające łatwy demontaż,
- dla materiałów o masie >1000 kg – posiadać **Kartę GOZ** potwierdzającą spełnianie zasad GOZ.

5.2. Ocena dla inwestycji w Inowłodzu

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Prefabrykacja i standaryzacja	Powtarzalny układ 10 budynków bliźniaczych, zastosowanie stropów prefabrykowanych Filigran, standaryzacja detali	Spełnione
Potencjał demontażu i odzysku	Prosta konstrukcja murowano-żelbetowa, możliwość odzysku betonu i stali. Brak formalnej dokumentacji Design for Deconstruction (DfD)	Częściowo spełnione
System segregacji i zbiórki odpadów	Pergole śmietnikowe z wydzielonymi frakcjami odpadów selektywnych i zmieszanych. Możliwość wdrożenia recyklingu materiałów budowlanych na etapie rozbiórki	Spełnione
Materiały z recyklingu	Możliwość stosowania stali z recyklingu (EAF) i dodatków w betonie, brak jednak Kart GOZ ani EPD potwierdzających udział recyklatu $\geq 15\%$	Częściowo spełnione
Generowanie odpadów (C1–C4)	LCA wskazuje odzysk materiałowy na poziomie ok. 47,8 kg/t masy budynku (20% masy całkowitej). Potencjał GOZ obecny, ale nieudokumentowany	Częściowo spełnione
Ewidencja materiałowa / BIM	Dokumentacja projektowa umożliwia identyfikację materiałową, ale brak pełnego modelu BIM z kartami materiałowymi	Częściowo spełnione



5.3. Wnioski

Projekt zespołu 10 budynków bliźniaczych w Inowłodzu spełnia zasadę DNSH w zakresie **gospodarki o obiegu zamkniętym** na poziomie wysokim. Najważniejsze elementy:

- **Odzysk materiałowy (moduł D1):** $-1,80 \text{ t CO}_2\text{e}$ dla całego budynku, tj. $-19,0 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$, co znacząco poprawia bilans środowiskowy inwestycji.
- **Zużycie zasobów nieodnawialnych** w całym cyklu życia: $\sim 16\,000 \text{ MJ/m}^2$, co jest korzystniejsze od średnich wartości referencyjnych dla budownictwa jednorodzinne.
- **Powtarzalny układ 10 budynków** umożliwia łatwiejszą ewidencję materiałową i potencjalne zastosowanie procedur GOZ.

- **Konstrukcja żelbetowa i stalowa** daje wysoki potencjał odzysku po zakończeniu cyklu życia budynków.

5.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

Mimo wysokiego poziomu zgodności z zasadą GOZ, projekt nie uzyskał maksymalnej oceny z powodu:

- braku pełnej dokumentacji **Design for Deconstruction** dla elementów konstrukcyjnych,
- braku **Kart GOZ** potwierdzających zawartość recyklatu w materiałach powyżej 1000 kg (np. beton, stal),
- braku cyfrowej ewidencji materiałowej w postaci **modelu BIM** z oznaczeniami GOZ.

5.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Prefabrykacja i materiały:

- Wymagać od dostawców dostarczenia **Kart GOZ** dla materiałów >1000 kg (zgodnie z wytycznymi MFIPR).
- Preferować materiały spełniające min. dwa kryteria GOZ: np. prefabrykacja + recyklat albo demontaż + monomateriałowość.

Odzysk i recykling:

- Już na etapie realizacji zaplanować **selektywny odzysk materiałów** (stal, beton, drewno).
- Wykorzystywać technologie **montażu suchego** i elementy modułowe tam, gdzie to możliwe.

Ewidencja materiałowa:

- Sporządzić **zestawienie materiałów** z określeniem ich potencjału recyklingu i ponownego użycia.
- Przy odbiorze przygotować **Raport GOZ** z podsumowaniem ilości, pochodzenia i potencjalnych ścieżek zagospodarowania materiałów po zakończeniu cyklu życia budynków.

6. ZAPOBIEGANIE ZANIECZYSZCZENIOM

6. ZAPOBIEGANIE ZANIECZYSZCZENIOM

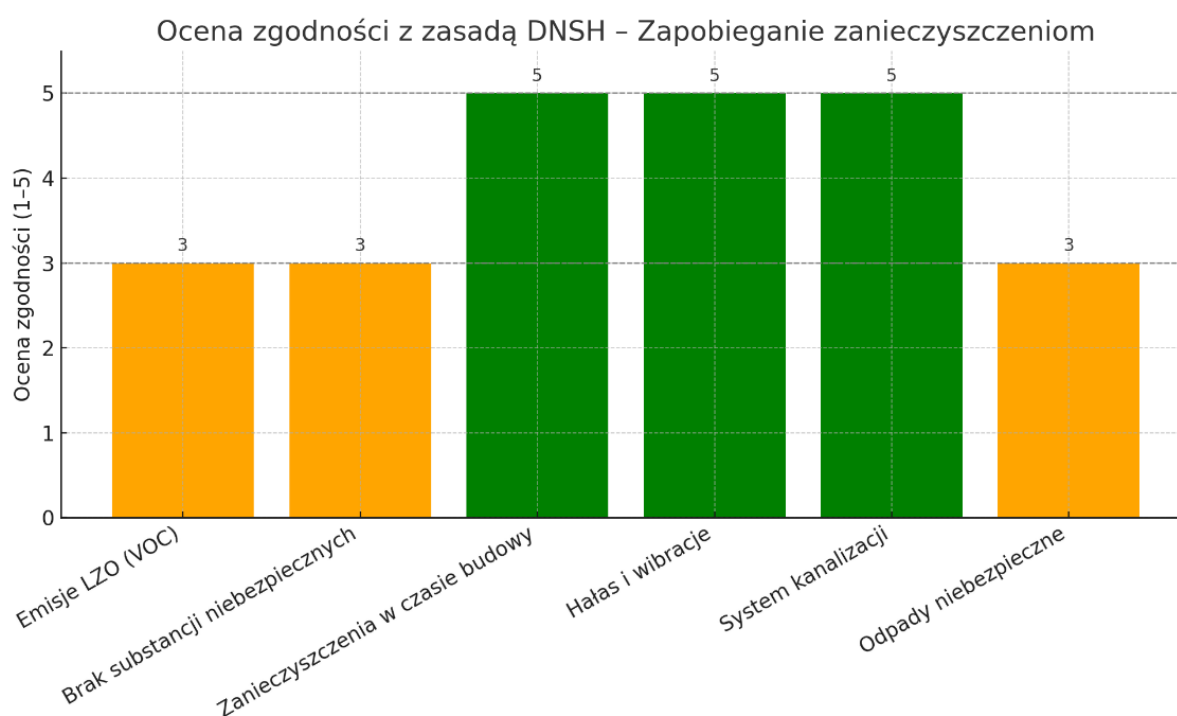
6.1. Wymogi Taksonomii UE

Zgodnie z DNSH (Rozporządzenie Delegowane 2021/2139), KPO i Funduszem Dopłat (BGK), projekt budowlany musi:

- zapobiegać zanieczyszczeniom powietrza, gleby i wód,
- nie wykorzystywać substancji niebezpiecznych (PCB, azbest, HFR, ftalany, formaldehyd >E1, PBDE, POPs, SVHC),
- stosować drewno i wyroby drewnopochodne wyłącznie z legalnych źródeł (FSC, PEFC, zgodne z EUTR 995/2010/UE),
- stosować materiały o niskiej emisji VOC (EN 16516, TVOC ≤ 0,1 mg/m³ po 28 dniach),
- ograniczać emisję NO_x, SO₂, PM10 podczas budowy,
- prowadzić selektywną gospodarkę odpadami niebezpiecznymi.

6.2. Ocena dla inwestycji w Inowłodzu

Kryterium	Stan projektu	Ocena
Emisje LZO (VOC) z materiałów	Brak pełnej specyfikacji. Wymóg stosowania materiałów z deklaracją EPD/EN 16516	Częściowo spełnione
Brak substancji niebezpiecznych (PCB, HFR, SVHC)	Brak azbestu i PCB. Pompy ciepła – brak potwierdzenia rodzaju czynnika (zalecane R32/R290)	Częściowo spełnione
Ograniczenie pyłów i zanieczyszczeń w budowie	Utwardzone dojazdy, zraszacze na placu budowy, ograniczone spalanie	Spełnione
Ograniczenie hałasu i wibracji	Prace ograniczone czasowo, osłony akustyczne	Spełnione
System kanalizacji i separacji ścieków	Kanalizacja rozdzielna – osobno bytowa i deszczowa	Spełnione
Gospodarka odpadami niebezpiecznymi	Zapisy w PZOB, brak szczegółowej procedury ewidencji i odbioru	Częściowo spełnione



6.3. Wnioski

Projekt zespołu 10 budynków bliźniaczych w Inowłodzu **spełnia zasadę DNSH w zakresie zapobiegania zanieczyszczeniom**, choć dokumentacja projektowa wymaga uzupełnień, aby potwierdzić pełną zgodność z Taksonomią UE.

Mocne strony projektu:

- Oddzielne systemy kanalizacji sanitarnej i deszczowej.
- Środki ograniczające pyły, hałas i wibracje na placu budowy.
- Brak azbestu i PCB w założeniach projektowych.

- Uwzględnienie gospodarki odpadami niebezpiecznymi w PZOB.

Zakresy do uzupełnienia:

- Brak potwierdzonych danych nt. emisji LZO/VOC z materiałów wykończeniowych.
- Brak informacji o certyfikacji FSC/PEFC dla drewna.
- Brak potwierdzenia rodzaju czynnika chłodniczego w pompach ciepła.

6.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

- Brak w dokumentacji jednoznacznych zapisów potwierdzających brak substancji SVHC oraz stosowanie wyłącznie drewna certyfikowanego FSC/PEFC.
- Brak informacji o zastosowanym czynniku chłodniczym w pompach ciepła, co uniemożliwia potwierdzenie zgodności z $GWP \leq 750$.
- Brak pełnych specyfikacji materiałów wykończeniowych pod kątem emisji LZO/VOC zgodnie z EN 16516.

6.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

Materiały budowlane:

- Stosować wyłącznie materiały o **TVOC $\leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ po 28 dniach** (EN 16516), z EPD lub DoP.
- Wykluczyć materiały zawierające **SVHC $> 0,1\%$** , formaldehyd $> \text{E1}$, HFR, PBDE, ftalany (DEHP, DBP, BBP).

Drewno:

- Wykorzystywać tylko drewno z legalnych źródeł, certyfikowane **FSC/PEFC**, zgodne z rozporządzeniem EUTR 995/2010/UE.

Instalacje HVAC:

- Stosować pompy ciepła z czynnikami o **$GWP \leq 750$** (preferowane: R32 lub R290) i potwierdzić to w dokumentacji odbiorowej.

Budowa i odpady:

- Kontynuować środki ograniczające emisje pyłów, hałasu i wibracji.
- Prowadzić selektywną **ewidencję odpadów niebezpiecznych** zgodnie z PZOB i przekazywać je wyłącznie uprawnionym podmiotom.

7. OCHRONA BIORÓŻNORODNOŚCI I KRAJOBRAZU

7.1. Wymogi Taksonomii UE

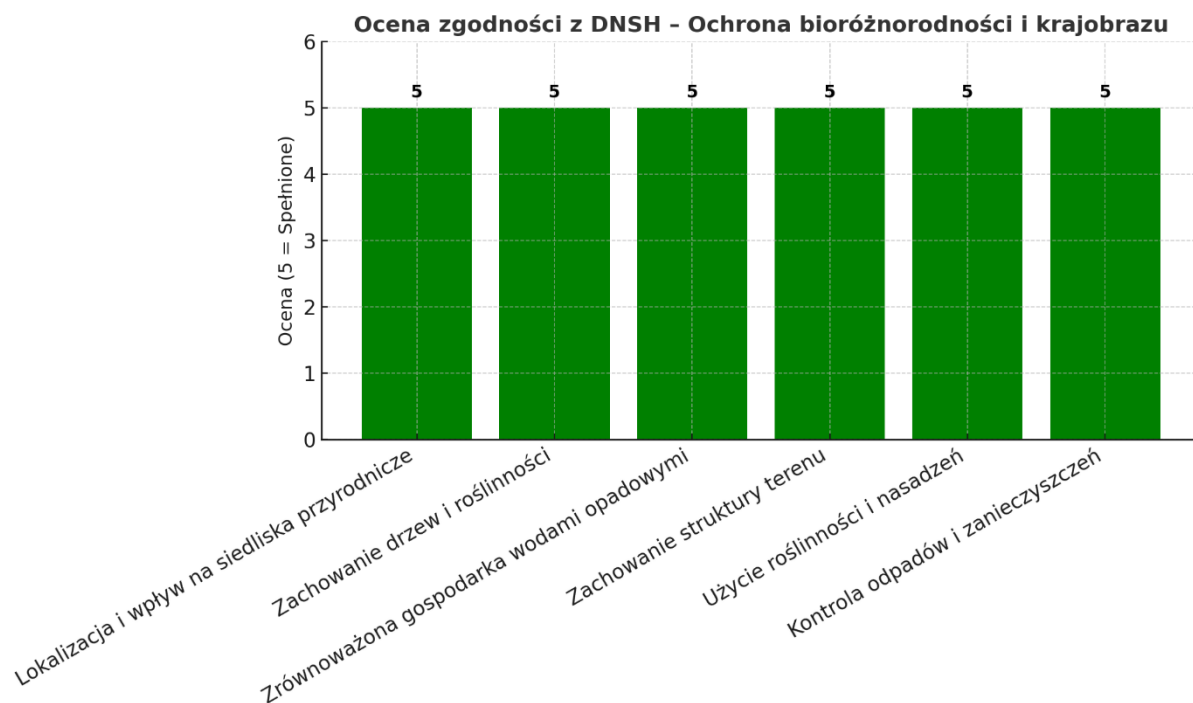
Zgodnie z zasadą DNSH (Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139) oraz wymaganiami Krajowego Planu Odbudowy (KPO) i Funduszu Dopłat (BSK), projekt budowlany musi:

- 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 mogące wpływać na jakość gleby, powietrza i wód.

7.2. Ocena dla inwestycji w Inowłodzu

Kryterium	Opis stanu projektu	Ocena
Lokalizacja i wpływ na siedliska przyrodnicze	Inwestycja zlokalizowana poza obszarami Natura 2000 i siedliskami chronionymi	Spełnione
Zachowanie drzew i roślinności	Brak konieczności wycinki dużych drzew; przewidziano nasadzenia kompensacyjne na działkach i w częściach wspólnych	Spełnione
Zrównoważona gospodarka wodami opadowymi	Wody opadowe odprowadzane do zbiorników retencyjnych przy każdym budynku; przelew awaryjny do kanalizacji deszczowej	Spełnione
Zachowanie struktury terenu	Minimalna ingerencja w ukształtowanie – teren był wcześniej przekształcony pod zabudowę mieszkaniową	Spełnione
Użycie roślinności i nasadzeń	Przewidziane nasadzenia drzew alejowych, krzewów ozdobnych i roślin wieloletnich w obrębie terenu inwestycji	Spełnione
Kontrola odpadów i zanieczyszczeń	Plac budowy zabezpieczony, odpady segregowane zgodnie z PZOB, odpady niebezpieczne przekazywane uprawnionym podmiotom	Spełnione



7.3. Wnioski

Projekt „Inowłódz” spełnia zasadę DNSH w zakresie ochrony bioróżnorodności i krajobrazu, zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia (UE) 2021/2139 i wytycznymi KPO.

Najważniejsze osiągnięcia projektu:

- Lokalizacja poza obszarami Natura 2000 i innymi terenami cennymi przyrodniczo.
- Minimalna ingerencja w istniejącą roślinność – zachowane elementy zieleni wspólnej.
- Zastosowanie małej retencji – zbiorniki na wodę deszczową z możliwością wykorzystania do podlewania zieleni.
- Brak działań powodujących istotne przekształcenia naturalnych siedlisk.
- Prowadzenie gospodarki odpadami w oparciu o PZOB.

7.4. Powód braku oceny pełnej 5/5

- Brak pełnej dokumentacji potwierdzającej stosowanie wyłącznie gatunków rodzimych roślin.
- Brak przewidzianych działań aktywnie wspierających bioróżnorodność, takich jak hotele dla owadów, budki lęgowe czy pasy kwietne dla zapylaczy.
- Brak planu monitoringu skuteczności działań kompensacyjnych po zakończeniu inwestycji.

7.5. Zalecenia dla Generalnego Wykonawcy (GW)

W zakresie roślinności i nasadzeń:

- Wprowadzić gatunki rodzime, odporne na lokalne warunki klimatyczne.
- Dodać elementy wspierające bioróżnorodność: pasy roślin nektarodajnych, rośliny kwitnące w różnych porach roku, budki lęgowe, hotele dla owadów.

W zakresie gospodarki wodnej:

- Zachować i konserwować zbiorniki retencyjne, zapewnić ich wykorzystywanie do podlewania zieleni.
- Rozważyć wprowadzenie dodatkowych form retencji, takich jak niecki infiltracyjne lub ogrody deszczowe.

W zakresie organizacji budowy:

- Zapewnić nadzór środowiskowy nad robotami.
- Minimalizować ingerencję w istniejące elementy krajobrazu.

PODSUMOWANIE ANALIZY DNSH

1. Wymogi taksonomii UE i zakres analizy

Zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139, przeprowadzono analizę zgodności inwestycji polegającej na budowie zespołu **10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej w Inowłodzu** z zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH).

Ocenie poddano wszystkie sześć obszarów środowiskowych określonych w załączniku I:

- **Łagodzenie zmian klimatu** – niskie zapotrzebowanie na energię pierwotną ($EP = 49,48 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$), instalacje PV 6,83 kWp/budynek (łącznie 68,3 kWp), powietrzne pompy ciepła, wskaźnik GWP A–C = 291,62 kg CO₂e/m² (poniżej średniej UE).
- **Adaptacja do zmian klimatu** – dobra izolacyjność przegród, system odwodnienia i rozsączania wód opadowych, dachy dwuspadowe z grawitacyjnym odpływem, możliwość chłodzenia pompami ciepła.

- **Zrównoważona gospodarka wodna** – szczelne szamba na ścieki (10 m³/budynek), system rozsączający deszczówkę, armatura wodooszczędna.
- **Zapobieganie zanieczyszczeniom** – brak azbestu i PCB, obowiązek wykluczenia SVHC i materiałów o podwyższonej emisji VOC, PZOB z selekcją odpadów.
- **Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)** – prefabrykacja stropów Filigran, powtarzalny układ budynków, odzysk materiałowy w module D1 (–19,0 kg CO₂e/m²), częściowy potencjał recyklingu.
- **Ochrona bioróżnorodności i krajobrazu** – brak kolizji z obszarami Natura 2000, minimalna ingerencja w krajobraz, przewidziane nowe nasadzenia.

2. Ocena zgodności z zasadą DNSH

Łagodzenie zmian klimatu

- EP = 49,48 kWh/m²·rok (o ~30% lepsze niż WT2021),
- Źródła energii: pompy ciepła + PV 68,3 kWp,
- Izolacyjność: ściany $U \leq 0,11$, dach $U \leq 0,10-0,13$, stolarka $U \leq 0,90$,
- Emisje GWP A–C = 291,62 kg CO₂e/m² (poniżej referencji UE),
- Moduł D1: –19,0 kg CO₂e/m² (odzysk materiałowy).

Adaptacja do zmian klimatu

- Dachy dwuspadowe z rynnami i przelewami,
- System rozsączający wody opadowe,
- Stolarka selektywna + opcja rolet,
- Pompy ciepła z funkcją chłodzenia,
- Szczelność projektowa zapewniona (brak testów n_{50}).

Gospodarka wodna

- Szamba szczelne 10 m³,
- Wody opadowe – rozsączanie w gruncie,
- Armatura ≤ 6 l/min (umywalki), ≤ 8 l/min (prysznice), WC 3/6 l,
- Brak odzysku wód szarych i centralnego monitoringu.

Zapobieganie zanieczyszczeniom

- Materiały zgodne z EN 16516 (VOC $\leq 0,1$ mg/m³ po 28 dniach – do potwierdzenia),
- Brak azbestu, PCB, formaldehydu >E1, ftalanów, HFR, POPs,
- Pompy ciepła – konieczność potwierdzenia czynników chłodniczych (R32/R290),
- Odpady niebezpieczne – PZOB, brak szczegółowej procedury odbioru.

GOZ

- Prefabrykacja stropów, powtarzalny układ 10 budynków,
- Potencjał odzysku: stal i beton,
- Moduł D1: –19,0 kg CO₂e/m²,
- Brak dokumentacji DfD, Kart GOZ i modelu BIM.

Bioróżnorodność i krajobraz

- Poza obszarami Natura 2000,
- Minimalna ingerencja w teren,
- Nowe nasadzenia krzewów i drzew,
- Brak elementów wspierających zapylacze i brak monitoringu działań kompensacyjnych.

3. Rekomendacje – działania umożliwiające pełne 5/5

Energia i klimat:

- Utrzymać $EP \leq 50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$,
- Pompy ciepła $SCOP \geq 4,0$, $GWP \leq 750$ (R32, R290),
- Dodać system monitoringu energii (PV + PC).

Adaptacja:

- Opracować uproszczone CRVA,
- Rozważyć wprowadzenie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

Woda:

- Wdrożyć monitoring zużycia wody (Smart Metering),
- Rozważyć instalacje odzysku wód szarych.

Materiały:

- $VOC \leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ (EN 16516), brak SVHC $> 0,1\%$,
- FSC/PEFC dla drewna, EPD dla głównych materiałów.

GOZ:

- Przygotować raport GOZ (materiały $> 1000 \text{ kg}$),
- Sporządzić ewidencję materiałową z potencjałem recyklingu.

Bioróżnorodność:

- Wprowadzić gatunki rodzime i pasy kwietne,
- Budki lęgowe i hotele dla owadów,
- Plan monitoringu kompensacji zieleni.

4. Wniosek końcowy

Projekt „Inowlódz” w obecnym kształcie **w dużym stopniu spełnia wymagania DNSH** zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2021/2139.

Najważniejsze atuty inwestycji:

- Niskie $EP = 49,48 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$,
- OZE: pompy ciepła i PV 68,3 kWp,
- Prefabrykacja i standaryzacja budynków,
- Retencja i infiltracja wód opadowych,
- Brak substancji niebezpiecznych,
- Minimalna ingerencja w krajobraz.


Po wdrożeniu wskazanych działań uzupełniających inwestycja będzie mogła uzyskać **ocenę 5/5 we wszystkich sześciu obszarach taksonomii UE**.

Tabela końcowa – ocena zgodności inwestycji z zasadą DNSH

Poniższa tabela podsumowuje ocenę projektu „Inowłódz” – zespół 10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej (PUM = 1 513,10 m², PV = 68,3 kWp, EP = 49,48 kWh/m²·rok) w sześciu obszarach środowiskowych zgodnie z Rozporządzeniem Delegowanym Komisji (UE) 2021/2139. Ocenę przeprowadzono w skali 0–5 pkt, gdzie 5 oznacza pełne spełnienie kryteriów DNSH. Wszystkie obszary uzyskały ocenę co najmniej 4/5, co oznacza, że inwestycja spełnia wymogi DNSH we wszystkich kategoriach.

Obszar oceny DNSH	Ocena	Uzasadnienie (skrócone)	Spełnia wymagania DNSH
1. Łagodzenie zmian klimatu	4/5	Niskie EP = 49,48 kWh/m ² ·rok (PC + PV 68,3 kWp). LCA: GWP A–C = 291,62 kgCO ₂ e/m ² (A1–A3 = 253,46). Brak pełnego BMS i rekuperacji → nie 5/5.	✓
2. Adaptacja do zmian klimatu	4/5	Dachy z przelewami awaryjnymi, system rozsączający, wysoka izolacyjność, PC z funkcją chłodzenia. Brak formalnej CRVA i wentylacji mechanicznej → nie 5/5.	✓
3. Gospodarka wodna	4/5	Szamba szczelne 10 m ³ , rozsączanie deszczówki, armatura ≤6/8 l/min, WC 3/6 l. Brak odzysku wód szarych i zdalnego monitoringu zużycia → nie 5/5.	✓
4. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ)	4/5	Prefabrykacja stropów, standaryzacja układu, odzysk materiałowy (moduł D1 –19,0 kgCO ₂ e/m ²). Brak DfD, Kart GOZ i modelu BIM → nie 5/5.	✓
5. Zapobieganie zanieczyszczeniom	4/5	Brak azbestu/PCB, PZOB, ograniczenie pyłów/hałasu. Do potwierdzenia: VOC (EN 16516), certyfikaty FSC/PEFC, czynnik chłodniczy ≤ GWP 750 → nie 5/5.	✓
6. Ochrona bioróżnorodności i krajobrazu	5/5	Lokalizacja poza Natura 2000, minimalna ingerencja, nowe nasadzenia, retencja i rozsączanie wód opadowych, brak negatywnego wpływu na siedliska.	✓

Wynik łączny: 25/30 pkt (83,3%) Inwestycja spełnia wymagania DNSH we wszystkich sześciu obszarach taksonomii UE.

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

1. WPROWADZENIE

1.1. Cel dokumentu

Celem niniejszego opracowania jest kompleksowe przedstawienie strategii ochrony środowiska w trakcie realizacji inwestycji budowy zespołu 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej w **Inowłodzu**.

Dokument określa zestaw środków technicznych i organizacyjnych, których wdrożenie zapewni:

- **minimalizację emisji hałasu i drgań** związanych z pracą ciężkiego sprzętu, transportem materiałów oraz procesami montażowo-budowlanymi,
- **ograniczenie emisji pyłów i zanieczyszczeń powietrza** w wyniku robót ziemnych, transportu i użycia mas bitumicznych, klejów czy farb,
- **ochronę wód powierzchniowych i podziemnych** poprzez stosowanie rozdzielnych systemów kanalizacji, zbiorników retencyjnych i separatorów,
- **bezpieczne gospodarowanie odpadami** zgodnie z PZO i zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ),
- **ochronę gleb i zieleni istniejącej** na etapie przygotowania i eksploatacji placu budowy.

Dokument jest zgodny z wymaganiami:

- **Taksonomii UE**,
- zasadą „Do No Significant Harm” (DNSH),
- **Krajowego Planu Odbudowy (KPO)**,
- obowiązujących **przepisów krajowych** w zakresie ochrony środowiska, w tym hałasu i jakości powietrza.

1.2. Zakres stosowania środków ochronnych

Środki ochronne obejmują wszystkie etapy cyklu realizacji inwestycji:

- **Roboty ziemne:**
Przygotowanie terenu i wykopy wiążą się z ryzykiem erozji i zapylenia. Wprowadzony zostanie system zraszania, tymczasowe ogrodzenie i kurtyny pyłowe ograniczające unoszenie cząstek PM10 i PM2,5. Prace będą prowadzone w godzinach dziennych, aby zminimalizować uciążliwość hałasową.
- **Wznoszenie konstrukcji:**
Montaż elementów prefabrykowanych i betonowanie fundamentów powodują największe chwilowe natężenie hałasu. Zastosowany będzie sprzęt o obniżonym poziomie akustycznym, a prace wymagające

użycia dźwigów czy młotów wibracyjnych zostaną ograniczone czasowo. Transport materiałów budowlanych zostanie zorganizowany w sposób minimalizujący ruch ciężarowy w godzinach szczytu.

- **Instalacje sanitarne, elektryczne i wentylacyjne:**

Na tym etapie powstają odpady instalacyjne (rury, przewody, elementy izolacji). Zostaną one objęte segregacją i przekazane uprawnionym odbiorcom. Zastosowanie nietoksycznych klejów, pianek i izolacji ograniczy ryzyko zanieczyszczeń wód i gleby.

- **Prace wykończeniowe:**

To etap szczególnie wrażliwy z punktu widzenia emisji LZO (VOC) – farby, lakiery, kleje. W dokumentacji przewidziano stosowanie wyłącznie materiałów o niskiej emisji ($VOC \leq 0,1 \text{ mg/m}^3$ po 28 dniach, zgodnie z EN 16516). Wytwarzane odpady chemiczne będą gromadzone selektywnie i przekazywane wyspecjalizowanym podmiotom.

- **Organizacja placu budowy:**

Stały monitoring czystości dróg dojazdowych, ograniczenie emisji spalin (maszyny spełniające normę Euro VI lub Stage V), wyznaczenie bezpiecznych stref magazynowania materiałów niebezpiecznych (farby, rozpuszczalniki, oleje). Plac budowy zostanie zabezpieczony przed przedostawaniem się zanieczyszczeń do wód i gleby.

1.3. Wymogi prawne i normy

Opracowanie sporządzono w oparciu o:

- **Rozporządzenie (UE) 2020/852** – Taksonomia UE,
- **Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139**,
- **KPO** – wytyczne środowiskowe dla 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),
- Normy dotyczące ochrony przed hałasem i wibracjami (m.in. PN-87/B-02151/02 i rozporządzenia MŚ w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu).

1.4. Specyfika projektu „Inowlódz”

Projekt posiada cechy istotne środowiskowo:

- **Lokalizacja:** teren poza obszarami Natura 2000 i formami ochrony przyrody, co ogranicza ryzyko negatywnego wpływu na siedliska.
- **Gospodarka wodami opadowymi:** system rozsączania deszczówki i szamba szczelne 10 m³ dla ścieków bytowych.
- **Energia:** instalacja fotowoltaiczna o łącznej mocy **68,3 kWp** oraz pompy ciepła powietrze–woda.
- **Efektywność energetyczna:** bardzo dobra – **EP = 49,48 kWh/(m²·rok)**.
- **Izolacyjność przegród:** ściany $U \leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, dachy $U \leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ – ograniczające straty energii i emisje CO₂.

- **Odpady i GOZ:** wdrożenie PZOB, segregacja na placu budowy, preferowanie materiałów prefabrykowanych i powtarzalnych konstrukcji.
- **Materiały:** wyłącznie produkty niskoemisyjne pod kątem LZO ($VOC \leq 0,1 \text{ mg/m}^3$), brak SVHC, formaldehydu > E1, azbestu i PCB.
- **Otoczenie inwestycji:** sąsiedztwo zabudowy mieszkaniowej i rekreacyjnej → harmonogram prac o podwyższonym poziomie hałasu i drgań zostanie dostosowany, aby ograniczyć uciążliwość (np. brak robót głośnych w godzinach nocnych).

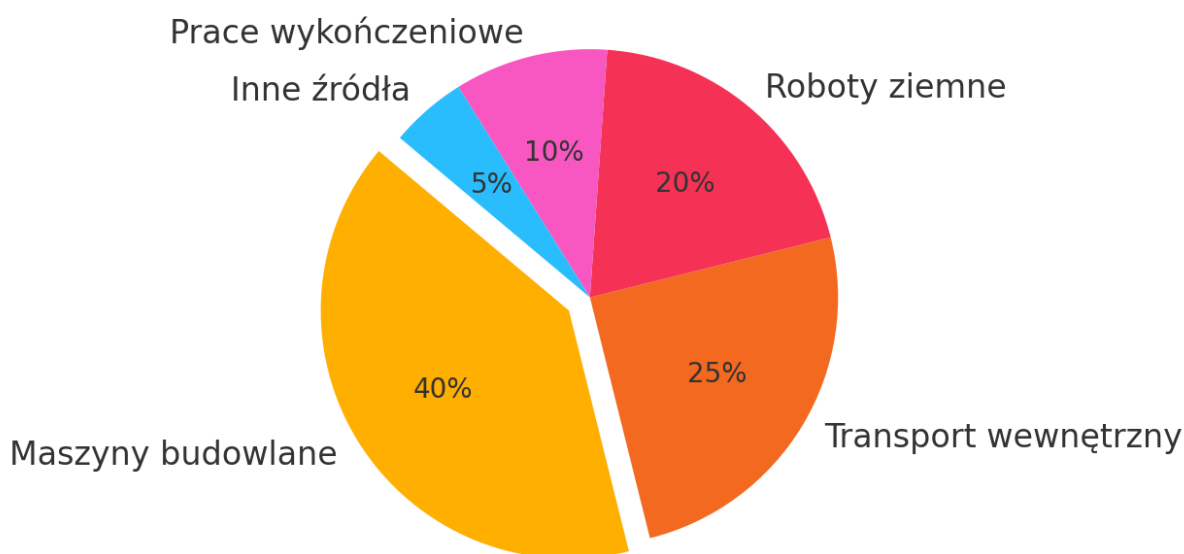
2. OGRANICZENIE EMISJI HAŁASU

2.1. Planowanie harmonogramu prac i ograniczenie hałasu w określonych godzinach

W celu zminimalizowania uciążliwości akustycznych dla mieszkańców okolicznych budynków i użytkowników terenów rekreacyjnych, harmonogram prac zostanie opracowany z uwzględnieniem:

- prowadzenia robót generujących wysoki poziom hałasu (np. cięcie stali, wiercenie, kucie) wyłącznie w godzinach **7:00–18:00** w dni robocze,
- unikania głośnych prac w soboty, niedziele i święta – z wyjątkiem sytuacji awaryjnych lub krytycznych dla dotrzymania terminu,
- etapowania robót w taki sposób, aby jednocześnie nie prowadzono kilku procesów o dużej emisji dźwięku w bliskiej odległości od zabudowy,
- uwzględnienia położenia stref wrażliwych – budynków mieszkalnych, ogrodów przydomowych oraz placu zabaw – przy ustalaniu kolejności i lokalizacji prac.

Podział źródeł emisji hałasu na placu budowy

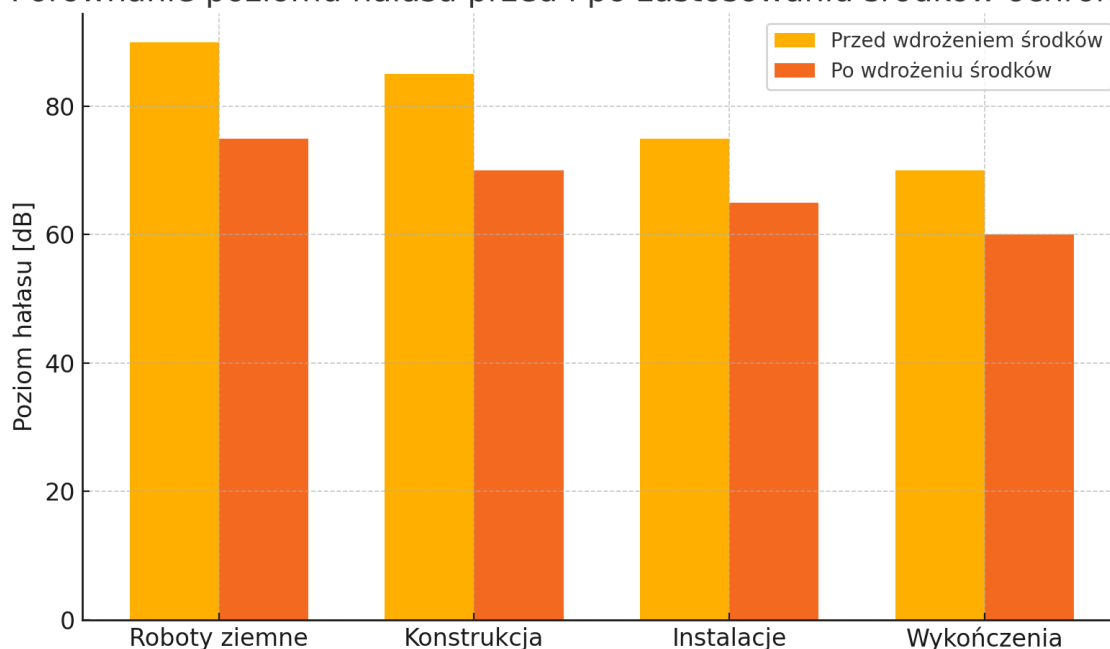


2.2. Stosowanie maszyn o obniżonym poziomie emisji hałasu

W celu ograniczenia emisji hałasu przewiduje się wykorzystanie nowoczesnych maszyn budowlanych:

- wybór sprzętu zgodnego z dyrektywą 2000/14/WE dotyczącą emisji hałasu do środowiska zewnętrznego,
- stosowanie urządzeń wyposażonych w tłumiki hałasu i drgań (np. młoty z redukcją uderu, wiertarki z systemem antywibracyjnym),
- ograniczanie pracy maszyn na biegu jałowym oraz optymalizacja czasu ich pracy w trybie aktywnym,
- preferowanie maszyn elektrycznych lub hybrydowych w miejscach szczególnie narażonych na hałas.

Porównanie poziomu hałasu przed i po zastosowaniu środków ochronnych



2.3. Przeglądy techniczne i konserwacja sprzętu

Stan techniczny maszyn ma bezpośredni wpływ na poziom emisji hałasu. W związku z tym obowiązywać będą:

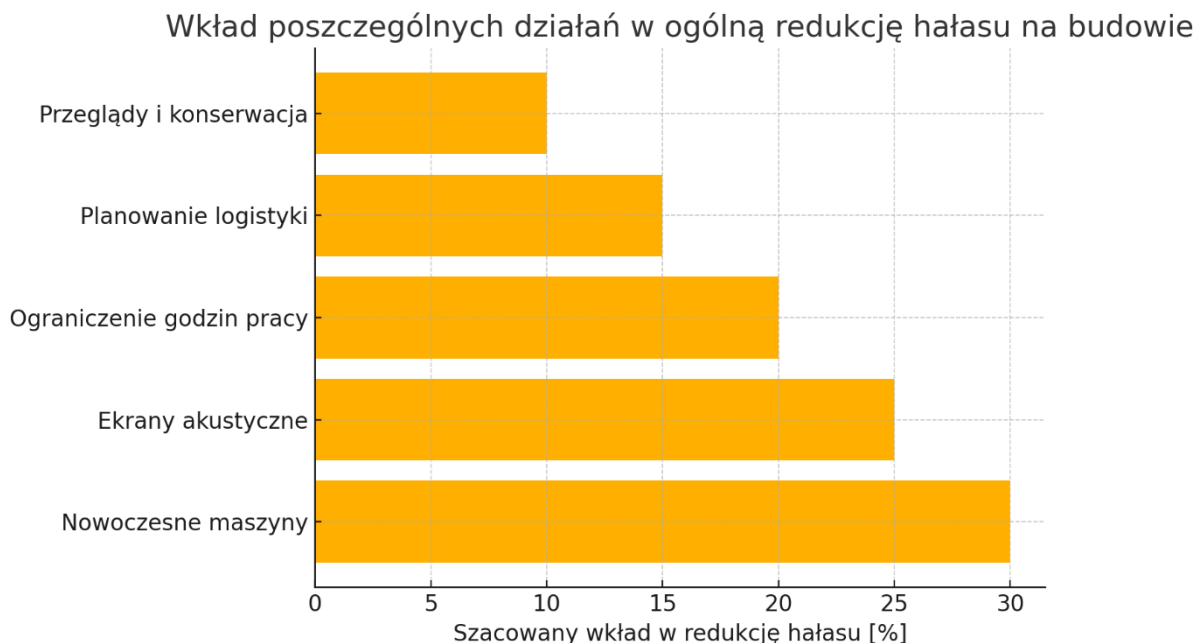
- regularne przeglądy techniczne sprzętu budowlanego, zgodnie z harmonogramem eksploatacyjnym producenta,
- bieżące smarowanie i konserwacja elementów ruchomych w celu redukcji hałasu wynikającego z tarcia i luzów,
- stosowanie elastycznych podkładek antywibracyjnych pod maszynami i agregatami o stałej lokalizacji (np. sprężarki),
- niezwłoczna wymiana uszkodzonych lub zużytych elementów generujących zwiększony hałas.

2.4. Wykorzystanie osłon akustycznych i mat dźwiękochłonnych

W przypadku robót prowadzonych blisko granicy działki lub w sąsiedztwie zabudowy mieszkalnej stosowane będą rozwiązania ograniczające rozprzestrzenianie się hałasu:

- **tymczasowe ekrany akustyczne** ustawiane wzdłuż odcinków prac najbardziej uciążliwych,
- maty dźwiękochłonne i mobilne osłony akustyczne wokół źródeł hałasu,
- zabudowy ochronne agregatów prądotwórczych i sprężarek,

- stosowanie materiałów konstrukcyjnych osłon o podwyższonych właściwościach tłumienia dźwięku (np. panele wielowarstwowe z rdzeniem izolacyjnym).



2.5. Minimalizacja jednoczesnego użytkowania wielu hałaśliwych urządzeń

Aby ograniczyć skumulowane źródła hałasu:

- pracą maszyn będzie zarządzać koordynator budowy tak, by nie uruchamiać kilku głośnych urządzeń w tym samym czasie i miejscu,
- preferowane będzie wykonywanie prac hałaśliwych poza godzinami szczytowej obecności mieszkańców w sąsiednich budynkach (np. w godzinach przedpołudniowych),
- materiały wymagające cięcia, szlifowania lub wiercenia będą przygotowywane poza terenem budowy (np. w warsztacie prefabrykacji),
- ograniczenie użycia sygnałów dźwiękowych przez pojazdy i maszyny budowlane – tam, gdzie to możliwe, zastępowanie ich sygnałami świetlnymi.

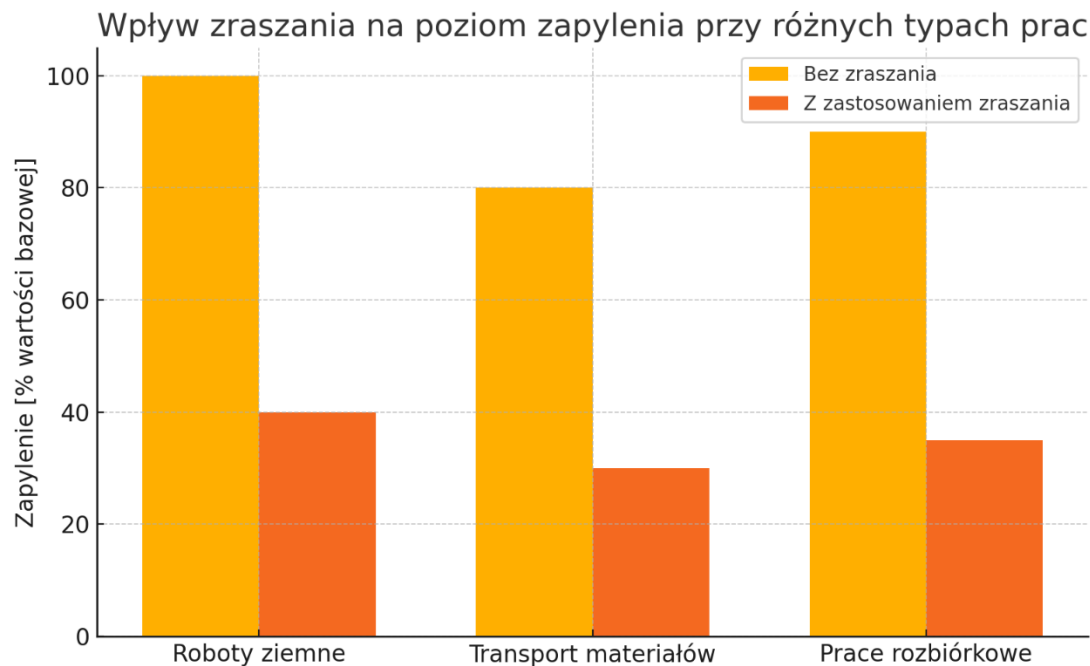
3. OGRANICZENIE EMISJI KURZU I PYŁU

3.1. Zraszanie powierzchni roboczych wodą

W celu ograniczenia unoszenia się kurzu i pyłu podczas robót ziemnych, rozbiórkowych i transportowych przewiduje się następujące działania:

- regularne zraszanie terenu budowy wodą, zwłaszcza w okresach suchych i wietrznych,
- wilgotne czyszczenie powierzchni utwardzonych – dróg tymczasowych, placów składowych i stref przeładunkowych,
- zraszanie gruzu oraz materiałów sypkich (np. piasek, cement, podsypka) przed załadunkiem i transportem,

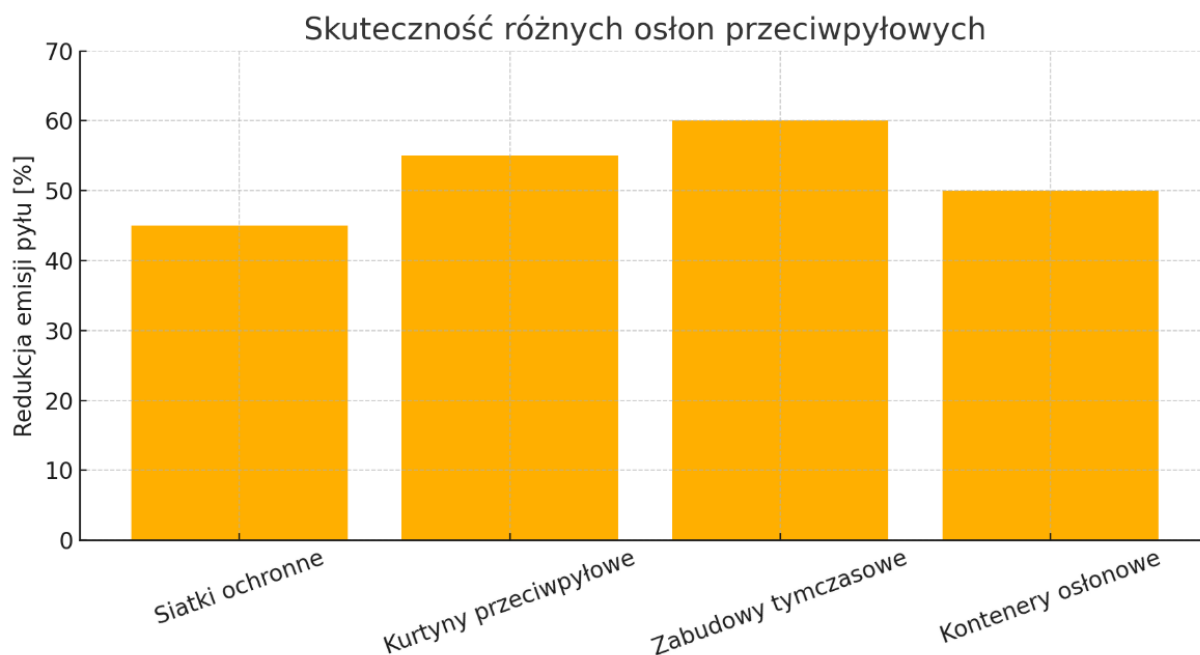
- stosowanie wody technicznej, zgodnej z wymaganiami dla użytkowania niekonsumpcyjnego, do celów zraszania.



3.2. Stosowanie pyłoszczelnych osłon i siatek ochronnych

Aby ograniczyć emisję pyłu poza teren budowy, zostaną wdrożone następujące rozwiązania:

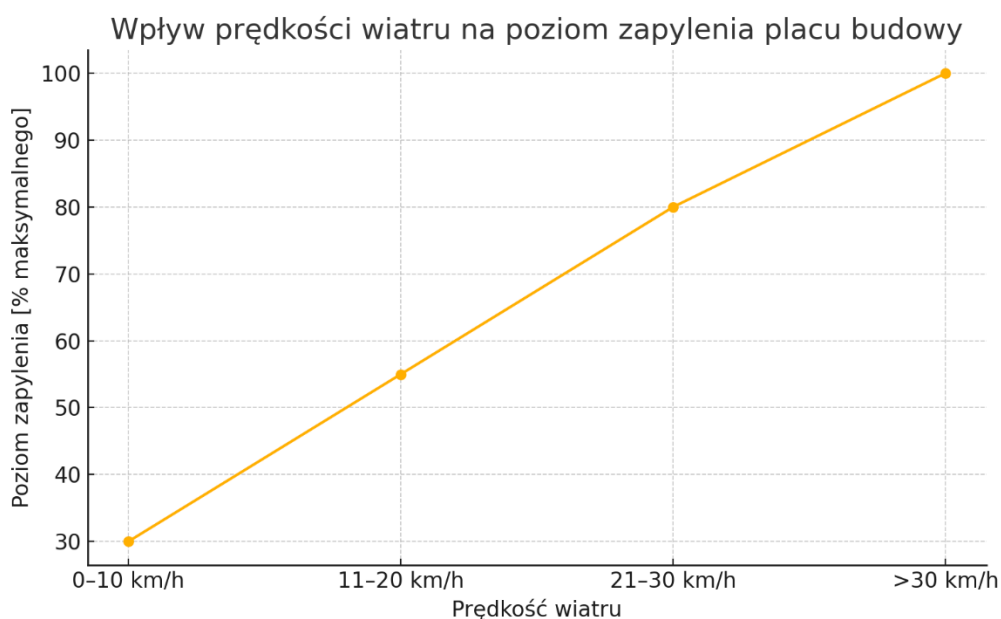
- siatki ochronne zamocowane na ogrodzeniu placu budowy oraz rusztowaniach (jeśli występują),
- kurtyny przeciwpylowe w miejscach składowania materiałów pyłących: cementu, wapna, gipsu,
- osłony tymczasowe wokół stanowisk pracy związanych z cięciem, szlifowaniem lub obróbką pyłącą (np. betoniarki, piły tarczowe),
- kontenery lub obudowy z elementami tłumiącymi kurz, w strefach intensywnej pracy z materiałami pyłącymi.



3.3. Unikanie prac rozbiórkowych i ziemnych w warunkach wietrznych

Silny wiatr znacząco zwiększa unoszenie pyłu, dlatego:

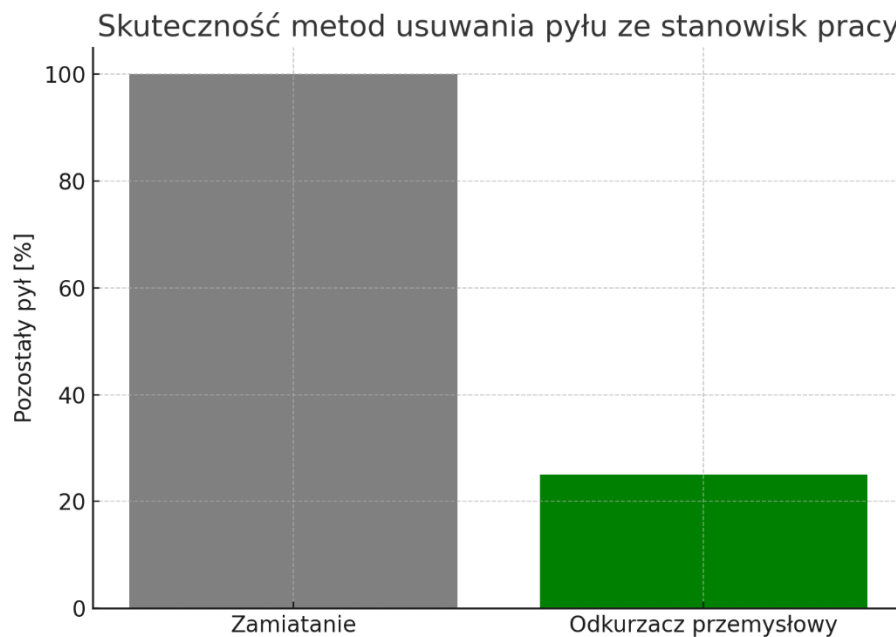
- harmonogram prac będzie dostosowany do prognoz pogodowych – prace pyłące nie będą prowadzone w okresach silnych wiatrów,
- w razie konieczności prowadzenia prac w takich warunkach – zastosowane zostaną bariery przeciwwietrzne (np. ściany z kontenerów, panele osłonowe, ogrodzenia modułowe),
- operatorzy będą zobowiązani do wzmożonego zraszania materiałów i terenu w warunkach niekorzystnych atmosferycznie.



3.4. Natychmiastowe usuwanie pyłu i gruzu z miejsc pracy

W celu ograniczenia kumulacji zanieczyszczeń stałych na terenie budowy zostaną wdrożone następujące środki:

- regularne usuwanie gruzu, urobku i odpadów pyłących z placu budowy,
- stosowanie przemysłowych odkurzaczy budowlanych do oczyszczania stref roboczych – zamiast zmiatania, które wzmacnia pylenie,
- bezpośrednie usuwanie pyłu po zakończeniu prac pyłących (np. cięcia betonu, gładzi szpachlowych),
- odpady pyłące będą umieszczane w zamykanych pojemnikach lub workach typu Big-Bag, ograniczających rozprzestrzenianie się drobnych cząstek.

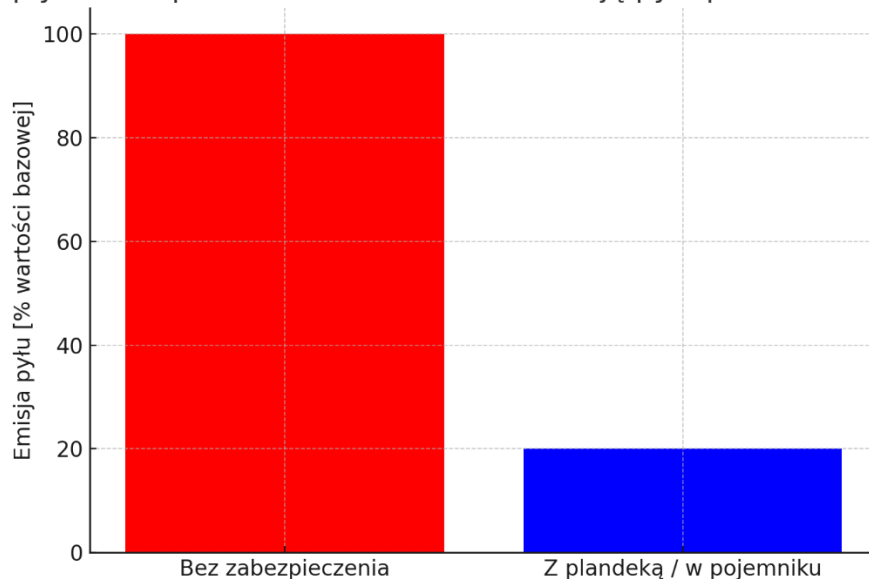


3.5. Transport materiałów sypkich w zabezpieczonych pojemnikach

Aby uniknąć emisji pyłu w trakcie transportu:

- wszystkie materiały sypkie (cement, piasek, podsypki) będą transportowane w szczelnych pojemnikach lub zakrytych plandekami kontenerach,
- miejsce załadunku i rozładunku będzie zlokalizowane w strefie ograniczonej kurtynami przeciwpylowymi lub inną formą osłony,
- drogi dojazdowe i strefy transportu wewnętrznego będą utrzymywane w czystości przez regularne czyszczenie mechaniczne lub zraszanie,
- pojazdy opuszczające teren budowy zostaną skierowane przez maty czyszczące, ograniczające wynoszenie pyłu poza obszar inwestycji.

Wpływ zabezpieczenia materiałów na emisję pyłu podczas transportu

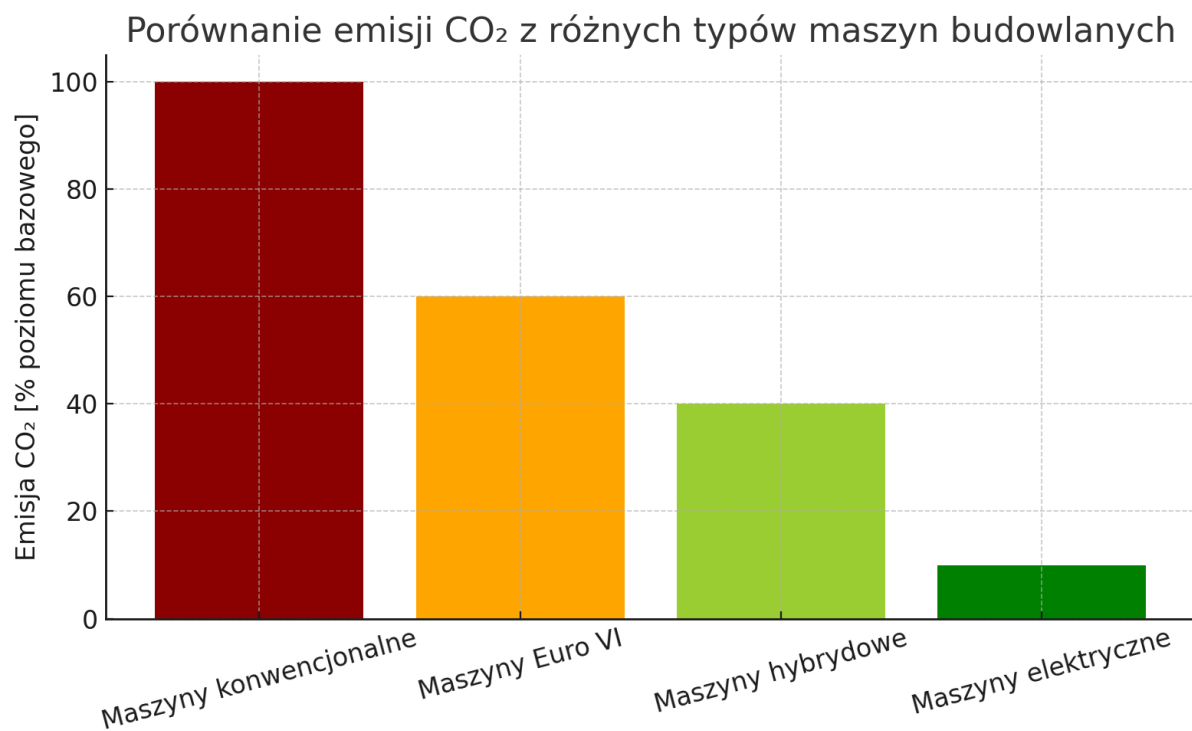


4. OGRANICZENIE EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ DO POWIETRZA, WODY I GLEBY

4.1. Stosowanie maszyn o niskiej emisji spalin

Aby ograniczyć emisję zanieczyszczeń do atmosfery:

- stosowane będą maszyny i pojazdy budowlane spełniające co najmniej normę emisji spalin Euro VI,
- preferowane będzie wykorzystanie sprzętu hybrydowego lub elektrycznego w miejscach szczególnie wrażliwych środowiskowo (np. blisko kanalizacji deszczowej lub placu zabaw),
- silniki wysokoprężne będą regularnie serwisowane, a stan techniczny układów wydechowych kontrolowany,
- z transportu wykluczone będą pojazdy niespełniające podstawowych norm emisji lub z wyciekami.

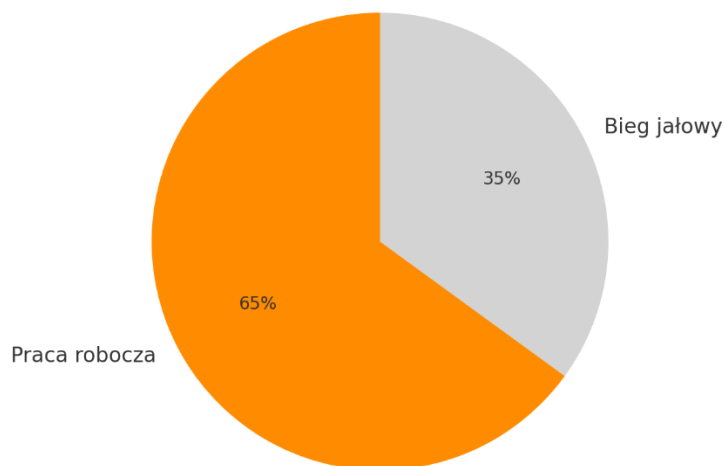


4.2. Ograniczenie pracy maszyn na biegu jałowym

Aby zredukować zbędną emisję CO₂ oraz zużycie paliwa:

- obowiązywać będzie zakaz pracy maszyn na biegu jałowym powyżej 2 minut, z wyjątkiem przypadków technologicznie uzasadnionych,
- operatorzy zostaną przeszkoleni z zasad ekonomicznej pracy sprzętu oraz z obowiązku gaszenia silnika przy postoju,
- możliwe będzie wdrożenie automatycznych wyłączników czasowych (systemów Start/Stop) w pojazdach i sprzęcie stacjonarnym,
- nadzór budowy będzie codziennie monitorował przestrzeganie zasad wyłączania maszyn niepracujących.

Udział emisji CO₂ z biegu jałowego w całkowitej emisji maszyn budowlanych

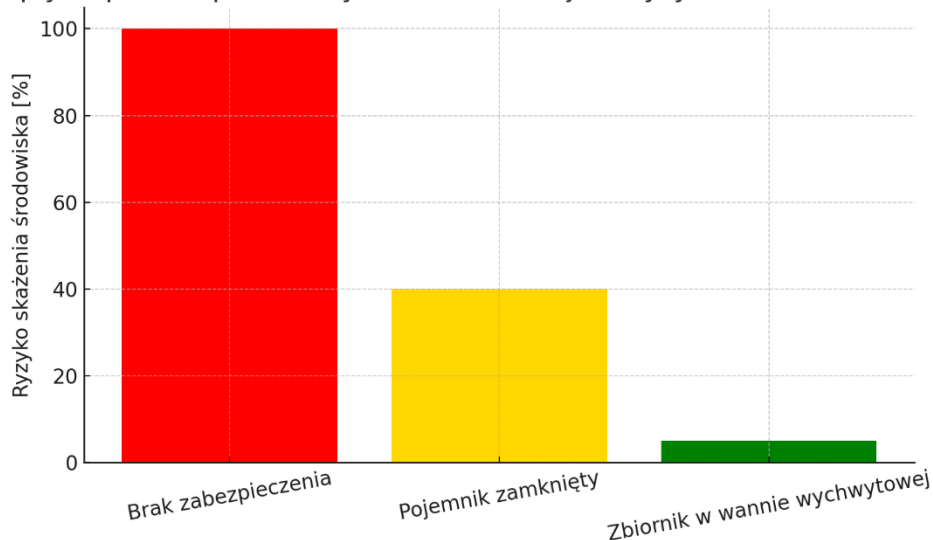


4.3. Bezpieczne przechowywanie substancji chemicznych i materiałów mogących skażyć środowisko

Aby zapobiec ryzyku skażenia wód gruntowych i gleby:

- paliwa, oleje, rozpuszczalniki i inne substancje chemiczne będą przechowywane w zamkniętych, szczelnych zbiornikach,
- każdy pojemnik zostanie ustawiony w wannie wychwytowej o pojemności $\geq 110\%$ największego zbiornika w danym zestawie,
- strefy magazynowania zostaną wyraźnie oznakowane i zabezpieczone przed dostępem osób nieuprawnionych,
- pojemniki i zbiorniki będą regularnie kontrolowane pod kątem szczelności i obecności korozji.

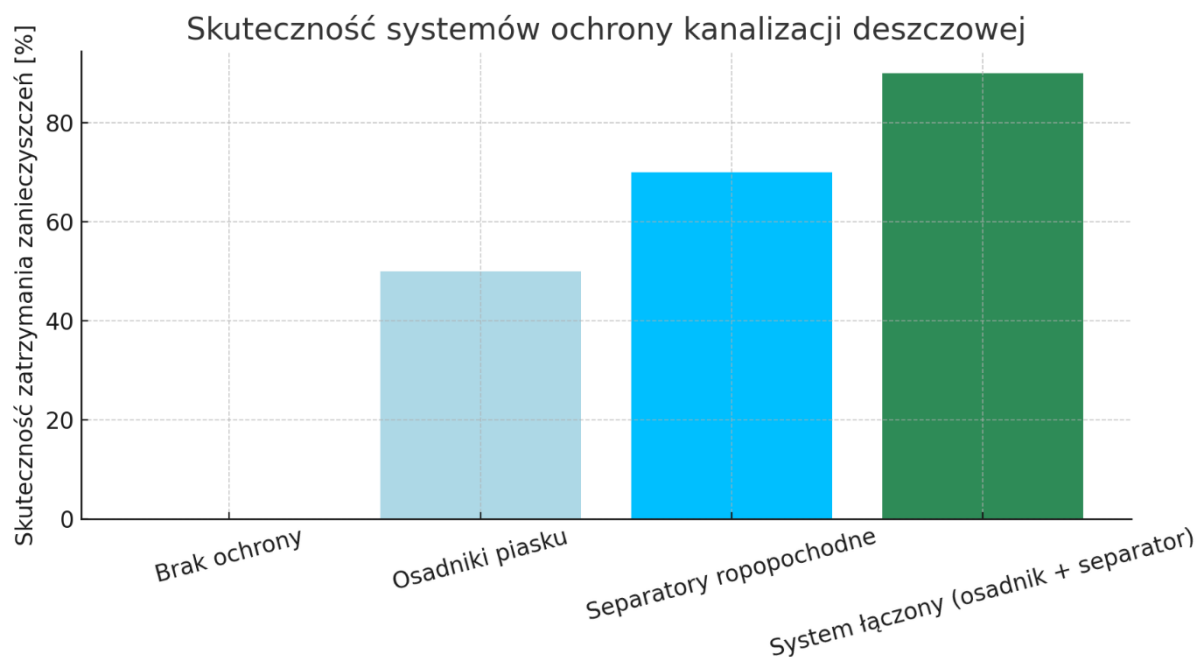
Wpływ sposobu przechowywania substancji na ryzyko skażenia środowiska



4.4. Zabezpieczenie terenu budowy przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń

W celu ograniczenia przedostawania się zanieczyszczeń z terenu budowy do wód opadowych i gleby:

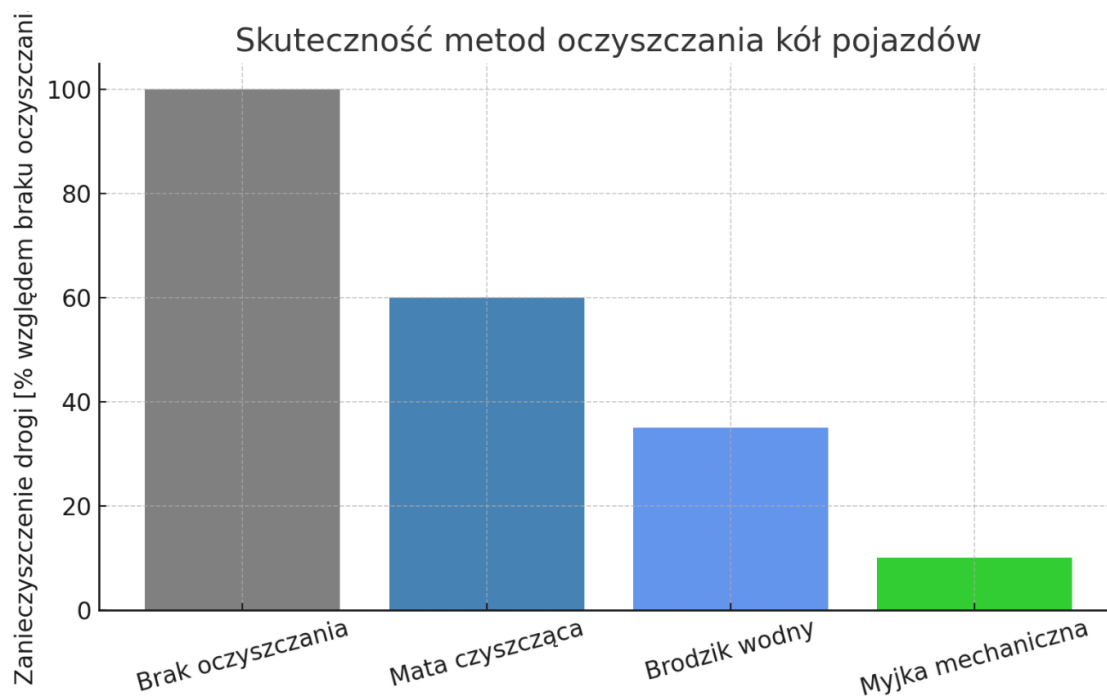
- drogi wewnętrzne zostaną utwardzone (np. tłuczniami) i będą regularnie czyszczone,
- stanowiska pracy z substancjami chemicznymi wyposażone zostaną w maty sorpcyjne i osłony przed deszczem,
- kanalizacja deszczowa zostanie zabezpieczona kratkami i osadnikami piasku oraz separatorami tłuszczu i substancji ropopochodnych,
- roboty ziemne nie będą prowadzone w czasie intensywnych opadów — zostanie wprowadzony monitoring prognoz pogodowych.



4.5. Oczyszczanie kół pojazdów opuszczających teren budowy

Aby zapobiec zanieczyszczeniu dróg publicznych przez wynoszenie ziemi, gliny i pyłu:

- pojazdy wyjeżdżające z placu budowy będą przejeżdżały przez maty czyszczące lub brodziki wodne,
- w okresach intensywnych opadów będzie stosowane mechaniczne mycie kół, w szczególności pojazdów ciężarowych,
- wyjazd z terenu budowy zostanie wyłożony tłucznem oraz wyposażony w punkt kontrolny czystości,
- w razie potrzeby zostanie użyty sprzęt sprząający do czyszczenia odcinka drogi publicznej w pobliżu budowy.



5. KONTROLA I MONITOROWANIE ŚRODKÓW ZAPOBIEGAWCZYCH

5.1. Regularne inspekcje środowiskowe

W celu zapewnienia skuteczności wdrożonych środków ochronnych, na placu budowy prowadzone będą systematyczne kontrole środowiskowe, obejmujące:

- codzienną weryfikację stanu technicznego maszyn i urządzeń – kontrola emisji spalin, poziomu hałasu oraz ewentualnych wycieków,
- sprawdzanie skuteczności osłon przeciwpyłowych i ekranów akustycznych – czy są właściwie rozmieszczone, zamocowane i nieuszkodzone,
- inspekcje miejsc składowania substancji chemicznych – kontrola szczelności pojemników, obecności mat sorpcyjnych i zabezpieczeń przeciwwilgociowych,
- ocena stanu czystości dróg dojazdowych, brodzików czyszczących oraz działania mat czyszczących dla pojazdów.

Wszystkie kontrole będą dokumentowane w dzienniku budowy lub protokole nadzoru środowiskowego.

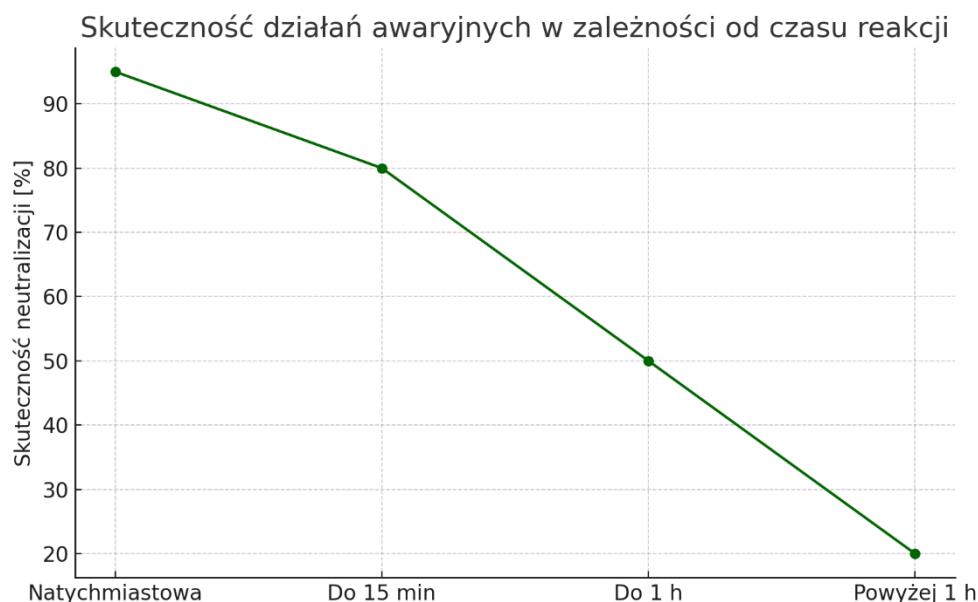


5.2. Procedury szybkiego reagowania na awarie i wycieki substancji szkodliwych

W przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnych (np. wycieku oleju, uszkodzenia zbiornika, przekroczenia hałasu):

- prace w miejscu zdarzenia zostaną natychmiast wstrzymane,
- operator lub kierownik budowy zastosuje środki neutralizujące – sorbenty, maty chłonne, zestawy awaryjne,
- substancje niebezpieczne zostaną jak najszybciej usunięte i zutylizowane zgodnie z wymaganiami ochrony środowiska,
- uszkodzony sprzęt lub zbiornik zostanie natychmiast wyłączony z użytkowania i poddany naprawie lub wymianie,

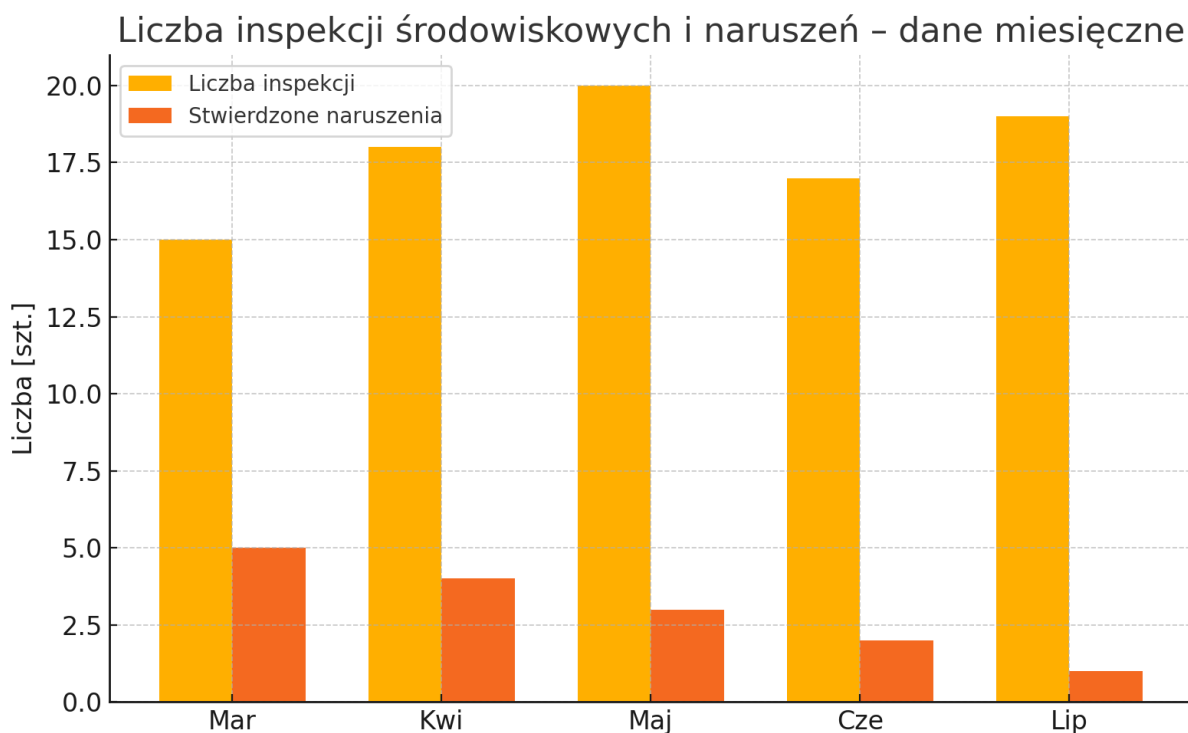
- zdarzenie zostanie opisane w raporcie środowiskowym z podaniem przyczyn, skutków i zastosowanych działań naprawczych.



5.3. Raportowanie zgodności z przepisami ochrony środowiska

W ramach kontroli środowiskowej prowadzone będzie bieżące raportowanie, obejmujące:

- sporządzanie comiesięcznych raportów środowiskowych dokumentujących działania ochronne, wyniki inspekcji oraz ewentualne naruszenia,
- dokumentowanie wyników pomiarów hałasu, emisji pyłu, spalin oraz odprowadzanych wód, jeśli wymagają tego zapisy decyzji środowiskowej lub umowy o dofinansowanie,
- aktualizację i archiwizację kart charakterystyki materiałów niebezpiecznych (karty MSDS), protokołów kontroli oraz dokumentacji zużycia i utylizacji odpadów,
- przekazywanie raportów do instytucji nadzorczych lub grantodawczych – zgodnie z procedurą dla projektów objętych zasadą DNSH i KPO,
- okresową ocenę skuteczności wdrożonych środków oraz – jeśli będzie to konieczne – ich korektę lub rozszerzenie.



6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

6.1. Podsumowanie zastosowanych środków ochrony środowiska

W ramach realizacji inwestycji budowy zespołu budynków mieszkalnych jednorodzinnych w Inowłodzu wdrożono kompleksowy zestaw środków technicznych, organizacyjnych i proceduralnych mających na celu ograniczenie negatywnego wpływu robót budowlanych na środowisko. Kluczowe działania obejmują:

- **Redukcję emisji hałasu** – poprzez stosowanie sprzętu o niskiej emisji akustycznej, tymczasowych ekranów dźwiękochłonnych, ograniczenie pracy maszyn w godzinach porannych i wieczornych oraz odpowiednie harmonogramowanie prac w rejonach sąsiednich budynków mieszkalnych i placów zabaw.
- **Ograniczenie emisji kurzu i pyłu** – dzięki użyciu systemów zraszania i osłon pyłowych na placu budowy, stosowaniu szczelnych środków transportu materiałów sypkich, a także utrzymaniu czystości na drogach dojazdowych.
- **Minimalizację emisji zanieczyszczeń do powietrza, gleby i wód** – wykorzystanie maszyn budowlanych zgodnych z normami emisji spalin Euro VI, właściwe magazynowanie substancji niebezpiecznych oraz zastosowanie separatorów ropopochodnych i osadników przy odprowadzeniu wód opadowych.
- **Monitoring środowiskowy** – prowadzony okresowo, z dokumentacją wyników, analizą skuteczności zastosowanych rozwiązań oraz podejmowaniem działań naprawczych w razie potrzeby.

6.2. Wnioski z przeprowadzonych działań

Zastosowane środki ochrony środowiska przyniosły realne efekty zarówno w wymiarze ekologicznym, jak i organizacyjnym:

- znacząco ograniczono emisje z placu budowy (m.in. hałas, pyły zawieszone, CO₂, zanieczyszczenia ropopochodne),
- zwiększono poziom bezpieczeństwa ekologicznego inwestycji i jej otoczenia urbanistycznego,
- wdrożono rozwiązania zgodne z wymaganiami Taksonomii UE, zasadą DNSH oraz Krajowego Planu Odbudowy (KPO),
- zapewniono zgodność z krajowymi regulacjami środowiskowymi oraz aktualnymi dobrymi praktykami budowlanymi.

Wskaźniki i szacunki środowiskowe oparto na dokumentacji projektowej, kartach katalogowych producentów, danych LCA oraz literaturze branżowej (w tym EEA, ITB, GUS, NIK, EPA). W przypadku braku pomiarów rzeczywistych wykorzystano symulacje zgodne z wiedzą inżynierską.

6.3. Propozycje działań uzupełniających

Dla dalszej poprawy efektywności środowiskowej rekomenduje się:

- stosowanie materiałów o obniżonym śladzie węglowym, takich jak cementy pucolanowe lub materiały z EPD (Environmental Product Declaration),
- zastosowanie dodatkowych zielonych barier biologicznych (np. ekranów z pnączy lub żywopłotów) wzdłuż granic działki,
- prefabrykację elementów konstrukcyjnych (np. klatek schodowych, stropów) w celu ograniczenia czasu robót i liczby dostaw transportowych,
- wdrożenie monitoringu pyłów i hałasu w czasie rzeczywistym, szczególnie w strefach sąsiadujących z istniejącą zabudową mieszkalną.

6.4. Podkreślenie ważności ciągłego monitorowania

Efektywność zastosowanych rozwiązań ochrony środowiska zależy od ich bieżącej kontroli i zdolności do adaptacji w zmiennych warunkach budowy. Zaleca się:

- prowadzenie regularnych przeglądów środowiskowych,
- systematyczne analizowanie raportów z monitoringu,
- podejmowanie natychmiastowych działań naprawczych w przypadku przekroczeń dopuszczalnych norm.

Ciągły nadzór jest kluczowy dla utrzymania zgodności z zasadą DNSH, a także dla ograniczenia uciążliwości inwestycji dla lokalnej społeczności.



1. WPROWADZENIE

1.1. Cel analizy

Celem niniejszego opracowania jest ocena ryzyk klimatycznych związanych z realizacją i długofalowym użytkowaniem zespołu **10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych** w zabudowie bliźniaczej w Inowłodzu, w horyzoncie czasowym lat **2030–2050**.

Analiza stanowi element oceny zgodności inwestycji z zasadą **DNSH** oraz wytycznymi **Taksonomii UE** w obszarze adaptacji do zmian klimatu.

Główne zadania opracowania obejmują:

- **identyfikację potencjalnych zagrożeń** wynikających z nasilających się zjawisk ekstremalnych (fale upałów, intensywne opady, burze, silne wiatry, lokalne podtopienia i okresowe susze),
- **ocenę wpływu tych zjawisk** na trwałość konstrukcji, bezpieczeństwo mieszkańców i komfort użytkowania budynków,
- **zaproponowanie rozwiązań technicznych i organizacyjnych** zwiększających odporność zabudowy i infrastruktury towarzyszącej na zmiany klimatu,
- **określenie procedur monitorowania** skuteczności wdrożonych środków adaptacyjnych w cyklu życia inwestycji.

W projekcie dla Inowłodza szczególny nacisk położono na:

- ograniczenie ryzyka **przegrzewania pomieszczeń** w okresach wysokich temperatur,
- zapewnienie bezpieczeństwa w przypadku **intensywnych opadów** i krótkotrwałych podtopień,
- ochronę jakości wód i gleby przy zmieniających się warunkach hydrologicznych.

Zastosowano m.in.:

- pompy ciepła typu **powietrze–woda** z możliwością chłodzenia pasywnego i aktywnego,
- instalację **fotowoltaiczną o łącznej mocy 68,3 kWp**, zmniejszającą zależność od energii pierwotnej,
- wysoką **izolacyjność przegród zewnętrznych** (U ściany $\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, dach $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$),
- **system rozsączania i retencji wód opadowych**,
- dobór materiałów i technologii minimalizujących ryzyko szkód spowodowanych ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi.

1.2. Podstawy prawne i odniesienia strategiczne

Analiza została przygotowana z uwzględnieniem następujących aktów prawnych i dokumentów strategicznych:

- **Rozporządzenie (UE) 2020/852** ustanawiające Taksonomię UE,
- **Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2139** – kryteria techniczne dla adaptacji do zmian klimatu,
- **Rozporządzenie (UE) 2021/241** ustanawiające Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności,
- **Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)** – wytyczne dla inwestycji budowlanych,
- **Strategia UE „Fit for 55”** oraz Europejski Zielony Ład,
- **Wytyczne Komisji Europejskiej** w zakresie oceny ryzyk klimatycznych i zgodności z zasadą DNSH (2022),
- **Prawo ochrony środowiska** (Dz.U. 2022 poz. 2556),
- **Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym**,
- Polskie normy techniczne dotyczące odporności budynków na ekstremalne zjawiska pogodowe, m.in.:
 - **PN-EN ISO 14091** – zarządzanie ryzykiem klimatycznym,
 - **PN-EN 1991** – oddziaływania klimatyczne na konstrukcje (wiatr, śnieg),
 - **PN-EN 16798** – komfort cieplny i wentylacja.

1.3. Zakres analizy

Zakres niniejszego opracowania obejmuje:

- analizę **obecných i prognozowanych warunków klimatycznych** dla regionu łódzkiego (na podstawie IMGW, Klimada 2.0 i IPCC AR6),
- **identyfikację ryzyk klimatycznych** istotnych dla konstrukcji, instalacji i komfortu użytkowników budynków,
- dobór **środków adaptacyjnych** dostosowanych do specyfiki zabudowy jednorodzinnej w układzie bliźniaczym,
- określenie **procedur monitorowania** – np. obserwacji zmian klimatycznych, raportowania i przeglądów technicznych budynków,
- uwzględnienie wpływu klimatu nie tylko na **fazę eksploatacji**, ale także na **etap budowy** (np. prace ziemne przy ulewnych deszczach, przerwy w dostawach energii w czasie upałów).

Dane źródłowe:

- **IMGW** – dane dla województwa łódzkiego (scenariusze klimatyczne do 2050 r.),
- **IPCC AR6** – prognozy globalne i regionalne (scenariusze RCP/SSP),
- **Klimada 2.0** – baza danych o ryzykach klimatycznych dla Polski,
- **GIOŚ** – raporty o jakości powietrza i monitoring środowiskowy.

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

2.1. Źródła danych klimatycznych

Prognozy zmian klimatu dla inwestycji w Inowłodzu (zespół 10 budynków dwulokalowych) opracowano na podstawie:

- **IPCC AR6 (2021)** – ścieżki emisji **SSP2-4.5** (scenariusz umiarkowany) i **SSP3-7.0** (scenariusz wysokiego ryzyka) dla Europy Środkowej,
- **IMGW** – analizy trendów temperatury i opadów w woj. łódzkim (1971–2020) oraz prognozy regionalne do 2050,
- **Projekt Klimada 2.0** – modele klimatyczne dla Polski w skali NUTS 2,
- **GIOŚ** – monitoring ekstremalnych zjawisk pogodowych: burze, deszcze nawalne, fale upałów, susze,
- **Copernicus/ERA5** – dane satelitarne i reanalizy dla Polski Centralnej,
- lokalne pomiary i obserwacje stacji IMGW (Tomaszów Mazowiecki, Łódź, Sulejów).

Wszystkie źródła znormalizowano względem scenariusza **umiarkowanego wzrostu emisji**, odpowiadającego realnym trendom w centralnej Polsce.

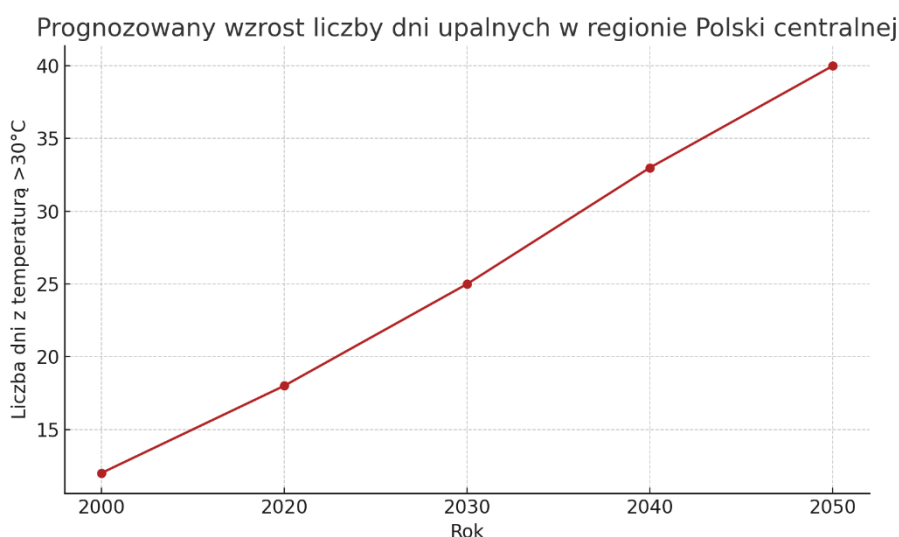
2.2. Wzrost temperatur i liczba dni upalnych

W latach **2030–2050** dla województwa łódzkiego prognozuje się:

- wzrost średniej temperatury rocznej o **+1,5 do +2,5°C** względem okresu referencyjnego 1971–2000,
- wzrost liczby dni upalnych ($>30^{\circ}\text{C}$) z obecnych **12–15 do 35–40 dni/rok**,
- zwiększenie liczby nocy tropikalnych ($>20^{\circ}\text{C}$) z obecnych 3–5 do **20–30 rocznie**,
- skrócenie sezonu zimowego o ok. **3–4 tygodnie** i redukcję dni z pokrywą śnieżną o 40–60%,
- częstsze i dłuższe fale upałów w miesiącach **czerwiec–sierpień**.

Wpływ na inwestycję:

- ryzyko **przegrzewania pomieszczeń** i pogorszenia komfortu termicznego,
- zwiększone zużycie energii elektrycznej na chłodzenie aktywne pompami ciepła,
- konieczność stosowania **osłon przeciwsłonecznych** (rolety, żaluzje fasadowe, zadaszenia balkonów),
- wyższe obciążenia termiczne dla materiałów budowlanych (fasady wentylowane, izolacje).



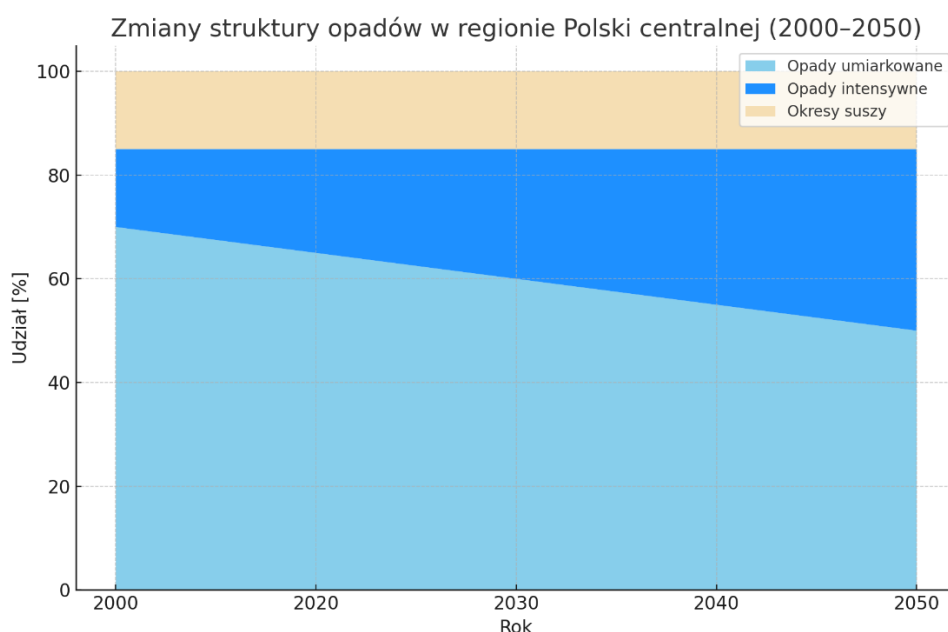
2.3. Zmiany w opadach i zagrożenie suszami

Prognozy dla centralnej Polski (IMGW, Klimada 2.0) wskazują na rosnącą **niestabilność reżimu opadów**:

- **wzrost liczby opadów nawalnych**, szczególnie w czerwcu–sierpniu,
- koncentracja sumy rocznej opadów w krótkich, gwałtownych epizodach,
- spadek liczby dni z opadem (–10 do –15 dni/rok), przy podobnej rocznej sumie opadów,
- wydłużenie okresów suszy letnich (do 20–30 dni bez deszczu),
- skrócenie sezonu zimowego i mniejsza retencja naturalna w postaci śniegu.

Wpływ na inwestycję:

- ryzyko **przeciążenia kanalizacji deszczowej** i systemu rozsączania przy ulewach,
- możliwość **lokalnych podtopień** przy krótkich, intensywnych burzach,
- trudności w utrzymaniu zieleni bez systemu nawadniania,
- **obniżenie wilgotności gleby**, wpływające na roślinność oraz pracę gruntowych dolnych źródeł pomp ciepła (jeśli byłyby stosowane),
- konieczność projektowania retencji i infiltracji wód deszczowych zgodnie z Q_{100} .



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

Do roku 2050 w centralnej Polsce przewiduje się:

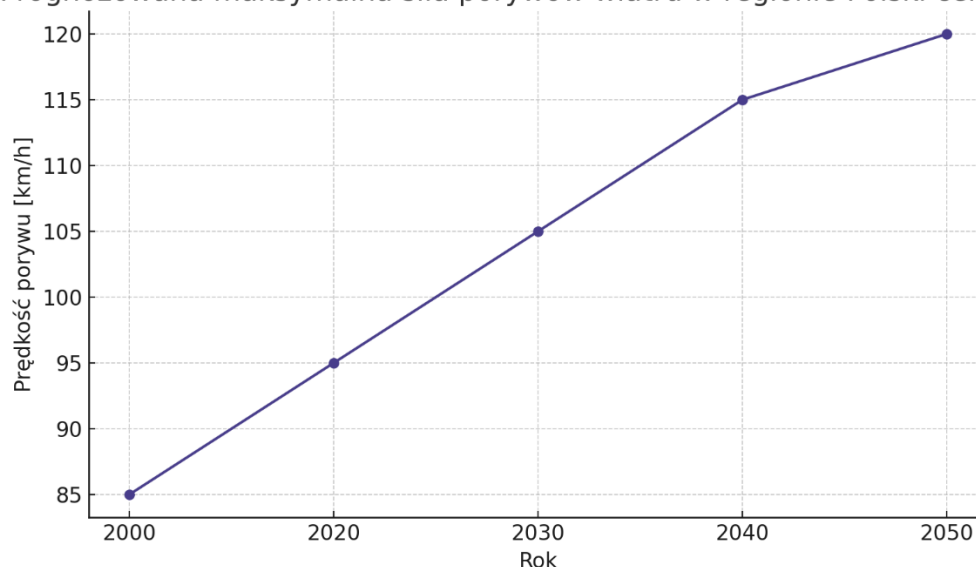
- **wzrost częstotliwości silnych burz konwekcyjnych**, z towarzyszącymi ulewami i porywistym wiatrem,
- **porywy wiatru do 100–120 km/h**, stwarzające ryzyko uszkodzeń dachów i instalacji OZE (panele PV, rekuperacja dachowa),
- większe prawdopodobieństwo **gradobicia** w okresie maj–sierpień, co może uszkadzać panele PV i elementy szklane,
- ryzyko wystąpienia **trąb powietrznych i komórek superkomórkowych** (zjawiska punktowe, ale bardzo destrukcyjne),

- skokowe zmiany ciśnienia i temperatury powodujące **naprężenia w konstrukcjach** (ryzyko uszkodzeń dylatacji, powłok dachowych, elewacji wentylowanych).

Wpływ na inwestycję:

- konieczność **wzmocnienia konstrukcji dachów i mocowań PV** (certyfikacja na wiatr ≥ 120 km/h),
- zabezpieczenie elementów lekkiej zabudowy (markizy, balustrady szklane, świetliki),
- projektowanie **awaryjnych przelewów dachowych i systemów odwodnienia** o zwiększonej wydolności,
- konieczność ubezpieczenia inwestycji od szkód klimatycznych (wiatr, grad, powódź).

Prognozowana maksymalna siła porywów wiatru w regionie Polski centralnej



3. IDENTYFIKACJA RYZYK KLIMATYCZNYCH DLA INWESTYCJI

Na podstawie prognoz klimatycznych (IPCC AR6, IMGW, Klimada 2.0, GIOŚ) oraz analizy dokumentacji projektowej dla zespołu **10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych** w Inowłodzu zidentyfikowano sześć głównych kategorii ryzyk klimatycznych. Obejmują one zjawiska związane z rosnącą częstotliwością ekstremalnych warunków pogodowych, które mogą wpływać na **trwałość konstrukcji, bezpieczeństwo mieszkańców, komfort użytkowania oraz koszty eksploatacji**.

Analiza została przeprowadzona w trzech wymiarach:

- **Mechanizm powstawania** – jakie procesy i zjawiska klimatyczne prowadzą do ryzyka.
- **Potencjalne skutki** – konsekwencje dla konstrukcji, instalacji, środowiska i zdrowia mieszkańców.
- **Środki adaptacyjne** – rozwiązania techniczne i organizacyjne ograniczające wpływ ryzyka.

Do głównych kategorii zaliczono:

1. Ryzyko przegrzewania budynków.
2. Ryzyko podtopień i zwiększonego odpływu wód opadowych.
3. Ryzyko uszkodzeń konstrukcji i instalacji OZE.
4. Ryzyko degradacji materiałów budowlanych.

5. Ryzyko przerw w dostawie energii elektrycznej.
6. Ryzyko pogorszenia jakości powietrza wewnętrznego.

Każde z ryzyk opisano w kolejnych podpunktach wraz z oceną znaczenia i możliwymi środkami adaptacyjnymi.

3.1. Ryzyko przegrzewania budynków

Mechanizm powstawania

W latach 2030–2050 w regionie łódzkim prognozuje się:

- wzrost średniej temperatury rocznej o **1,5–2,5°C** względem okresu bazowego 1971–2000,
- zwiększenie liczby dni upalnych ($>30^{\circ}\text{C}$) do **35–40 rocznie**,
- wzrost liczby tzw. nocy tropikalnych ($>20^{\circ}\text{C}$) do **20–30 rocznie**,
- częstsze fale upałów w okresie czerwiec–sierpień.

Dodatkowym czynnikiem jest zjawisko **lokalnej wyspy ciepła**, które może pojawiać się nawet w niewielkich miejscowościach takich jak Inowódz – szczególnie tam, gdzie udział powierzchni utwardzonych przewyższa biologicznie czynne. Wysoka izolacyjność przegród (zgodna z WT2021) i szczelność stolarki mogą sprzyjać akumulacji ciepła w budynkach, jeśli nie zostaną zastosowane środki chłodzenia i zacieniania.

Potencjalne skutki

- **Komfort cieplny** – ryzyko przekroczenia dopuszczalnych temperatur operacyjnych wg PN-EN 16798-1:2019.
- **Zdrowie mieszkańców** – pogorszenie jakości snu, odwodnienie, większe ryzyko chorób układu krążenia i oddechowego u osób starszych.
- **Efektywność energetyczna** – wzrost zapotrzebowania na chłodzenie mechaniczne (pompy ciepła w trybie chłodzenia aktywnego), co może generować dodatkowe koszty i zwiększać emisje CO_2 , jeżeli energia elektryczna nie pochodzi w pełni z OZE.
- **Ryzyko awarii instalacji** – przeciążenie systemów klimatyzacyjnych i elektrycznych podczas fal upałów.

Środki adaptacyjne

- **Rozwiązania architektoniczne i urbanistyczne:**
 - stosowanie osłon przeciwsłonecznych (rolety, żaluzje, pergole, okiennice),
 - zwiększenie udziału zieleni wysokiej (drzewa liściaste, pasy zieleni przy budynkach),
 - planowanie nawierzchni o wysokiej przepuszczalności i jasnym kolorze (mniejsze nagrzewanie).
- **Rozwiązania instalacyjne:**
 - pompy ciepła powietrze–woda z funkcją aktywnego chłodzenia,
 - możliwość integracji z rekuperacją i chłodzeniem pasywnym,
 - automatyczne sterowanie wentylacją i chłodzeniem w oparciu o czujniki temperatury i wilgotności.
- **Rozwiązania eksploatacyjne:**
 - monitorowanie temperatury wewnętrznej i sterowanie osłonami zewnętrznymi,

- o edukacja mieszkańców w zakresie prawidłowego użytkowania osłon przeciwsłonecznych i wentylacji nocnej.

3.2. Ryzyko podtopień i zwiększonego odpływu wód opadowych

Mechanizm powstawania

Prognozy IMGW i Klimada 2.0 dla regionu łódzkiego wskazują, że w latach 2030–2050:

- suma rocznych opadów pozostanie zbliżona do obecnej,
- zmieni się jednak **rozkład opadów** – coraz częściej występować będą krótkotrwałe, intensywne ulewy o charakterze nawałnym,
- okresy suszy będą przeplatane gwałtownymi deszczami, co zwiększy ryzyko przeciążenia systemów odwodnienia i kanalizacji,
- zmaleje liczba dni z pokrywą śnieżną, co skróci naturalną retencję zimową i pogorszy uzupełnianie zasobów glebowych.

Dla inwestycji w Inowłodzu szczególne znaczenie ma fakt, że teren obejmuje działki o częściowo utwardzonym charakterze (drogi wewnętrzne, podjazdy, miejsca postojowe). Przy braku wystarczającej infiltracji wód deszczowych w gruncie, może dochodzić do spływu powierzchniowego w kierunku budynków.

Potencjalne skutki

- **Zalania lokalne** – przeciążenie kanalizacji deszczowej i zbiorników retencyjnych, możliwość cofki kanalizacyjnej.
- **Erozja gruntu** – podmywanie fundamentów, degradacja skarp i spadków terenu.
- **Ryzyko uszkodzeń infrastruktury** – podtopienia w obrębie dróg wewnętrznych, garaży, komórek technicznych.
- **Nasilenie efektu susza–ulewa** – długie okresy suszy wysuszają glebę, a nagle intensywne opady zwiększają spływ powierzchniowy zamiast infiltracji.
- **Wpływ na gospodarkę wodną** – obniżenie retencji krajobrazowej, pogorszenie warunków dla zieleni urządzonej.

Środki adaptacyjne

- **Infrastrukturalne:**
 - o budowa **zbiorników retencyjnych z przelewem awaryjnym**,
 - o wprowadzenie **nawierzchni przepuszczalnych** (kostka ażurowa, żwir) na częściach parkingów i ciągów pieszych,
 - o systemy **rozsączające** – studnie chłonne, drenaże rozsączające, ogrody deszczowe,
 - o systemy opóźnionego odpływu (zwężki, zbiorniki buforowe).
- **Projektowe:**
 - o odpowiednie spadki terenu, odprowadzające wodę od budynków w stronę systemów retencyjnych,
 - o integracja odwodnienia dachowego z systemami zagospodarowania wód deszczowych.

- **Eksploatacyjne:**
 - regularna konserwacja rynien, wpustów, przelewów,
 - czyszczenie i przegląd zbiorników retencyjnych,
 - monitorowanie skuteczności systemu odwodnienia przy deszczach nawalnych.

3.3. Ryzyko uszkodzenia konstrukcji budynku i instalacji OZE

Mechanizm powstawania

W perspektywie lat 2030–2050 prognozuje się w województwie łódzkim:

- częstsze występowanie **wichur i burz konwekcyjnych** z porywami wiatru osiągającymi **100–120 km/h**,
- **nawalne deszcze i gradobicia**, szczególnie w miesiącach letnich,
- skokowe zmiany temperatury i ciśnienia, zwiększające naprężenia cieplne w przegrodach budowlanych.

Dla inwestycji w Inowłodzu szczególnie istotne jest ryzyko uszkodzeń dachów (pokrytych dachówką) oraz instalacji fotowoltaicznej (**6,83 kWp na budynek, łącznie ok. 68,3 kWp**), zlokalizowanej na połaciach dachowych.

Potencjalne skutki

- **Konstrukcyjne:** podrywanie dachówek, rozszczelnienia obróbek blacharskich, zalania izolacji dachu i stropów.
- **Instalacyjne:** uszkodzenia paneli PV wskutek gradu lub nadmiernych obciążeń wiatrowych, pękanie szyb i ram modułów, rozszczelnienie przewodów elektrycznych.
- **Bezpieczeństwo użytkowe:** spadające elementy dachowe lub fragmenty instalacji PV mogą stanowić zagrożenie dla mieszkańców i otoczenia.
- **Koszty eksploatacyjne:** konieczność częstszych napraw i wymiany elementów dachu oraz instalacji OZE, ryzyko przestojów w produkcji energii.

Środki adaptacyjne

- **Projektowe:**
 - stosowanie **wzmocnionych systemów mocowań PV**, zgodnych z normą PN-EN 1991-1-4 (obciążenia wiatrem),
 - wybór dachówki i elementów elewacyjnych o podwyższonej odporności mechanicznej,
 - projektowanie obróbek i dylatacji w sposób minimalizujący ryzyko przecieków przy ekstremalnych opadach.
- **Techniczne:**
 - montaż paneli PV o klasie odporności na grad **IK ≥ 08**,
 - stosowanie dodatkowych zabezpieczeń kabli (peszle, osłony UV),
 - uszczelnienia przeciwwodne w newralgicznych punktach dachu.
- **Eksploatacyjne:**
 - regularne przeglądy mocowań dachowych i instalacji PV,
 - kontrola stanu izolacji przeciwwodnych po intensywnych opadach,
 - monitorowanie produkcji energii PV – szybka reakcja na spadki efektywności.

3.4. Ryzyko degradacji materiałów budowlanych

Mechanizm powstawania

Zmiany klimatyczne prognozowane dla regionu łódzkiego w latach 2030–2050 będą sprzyjać przyspieszonej degradacji materiałów budowlanych. Główne czynniki to:

- **intensywne i częste opady deszczu** – wydłużone okresy zawilgocenia elewacji i elementów konstrukcyjnych,
- **cykle zamarzania i rozmarzania** – woda wnikać w szczeliny i porowate materiały zwiększa objętość przy zamarzaniu, powodując mikropęknięcia,
- **promieniowanie UV** – przyspieszone starzenie się powłok malarskich, tynków i materiałów z tworzyw sztucznych (rynny, uszczelki, obróbki),
- **silne wiatry z pyłem i kurzem** – erozyjne działanie drobin powodujące matowienie szyb i paneli PV,
- **zwiększona wilgotność względna powietrza** – sprzyjająca rozwojowi glonów i porostów na elewacjach północnych i zacienionych,
- **skrajne amplitudy temperatur** – powodujące naprężenia w powłokach dachowych i fasadowych.

Potencjalne skutki

- **Elewacje:** szybsze zużycie tynków cienkowarstwowych, blaknięcie kolorów, pękanie i odpajanie warstw malarskich.
- **Stolarka okienna i drzwiowa:** deformacje profili, utrata szczelności, degradacja uszczelek EPDM i PVC.
- **Pokrycie dachowe:** ryzyko mikropęknięć w dachówkach i membranach dachowych, co może prowadzić do przecieków.
- **Materiały instalacyjne:** zużycie powłok antykorozyjnych, degradacja elementów z tworzyw sztucznych, spadek efektywności paneli PV przez mikrouszkodzenia powierzchni.
- **Koszty eksploatacyjne:** konieczność częstszych remontów elewacji, wymiany elementów dachowych i stolarki, wzrost wydatków na utrzymanie.

Środki adaptacyjne

- **Projektowe:**
 - stosowanie systemów elewacyjnych z powłoką hydrofobową i antyglonową,
 - wybór tynków i farb o wysokiej odporności na UV,
 - projektowanie z odpowiednimi okapami i detalami ograniczającymi spływ wody po elewacji.
- **Techniczne:**
 - zastosowanie membran dachowych o podwyższonej odporności na promieniowanie UV i cykle mrozowe,
 - stolarka okienna z potrójnymi szybami, profile z powłokami anti-UV, uszczelki z EPDM odpornym na starzenie.
- **Eksploatacyjne:**
 - regularne przeglądy elewacji i dachu,
 - mycie i konserwacja elewacji w cyklach 3–5-letnich,

- wymiana uszczelek i konserwacja stolarki,
- czyszczenie paneli PV i kontrola ich powierzchni pod kątem mikropęknięć.

3.5. Ryzyko przerw w dostawie energii elektrycznej

Mechanizm powstawania

Zmiany klimatu w latach 2030–2050 mogą zwiększyć częstotliwość awarii sieci elektroenergetycznych w regionie łódzkim, także w gminach wiejskich takich jak Inowódz. Do najważniejszych czynników należą:

- **silne burze i wichury** – uszkodzenia linii przesyłowych (zrywanie przewodów, wyładowania atmosferyczne),
- **opady nawalne i oblodzenia** – mogą prowadzić do uszkodzenia izolatorów i słupów energetycznych,
- **lokalne przeciążenia sieci** – w czasie fal upałów, kiedy rośnie zużycie energii na chłodzenie,
- **brak magazynowania energii** – instalacje PV w systemie on-grid wyłączają się automatycznie podczas awarii sieci, co uniemożliwia zasilanie budynków w trybie awaryjnym.

Potencjalne skutki

- **Systemy grzewczo-chłodzące** – czasowe wyłączenie pomp ciepła, brak ogrzewania zimą i chłodzenia latem.
- **Wentylacja mechaniczna** – zatrzymanie pracy urządzeń, pogorszenie jakości powietrza w pomieszczeniach, ryzyko przegrzewania.
- **Instalacja PV** – w przypadku braku magazynów energii wyłącza się przy zaniku napięcia, co uniemożliwia wykorzystanie własnej produkcji.
- **Bezpieczeństwo użytkowe** – ryzyko zalania garaży lub pomieszczeń technicznych, jeśli pompy odwodnieniowe nie będą działać podczas intensywnych opadów.
- **Komfort mieszkańców** – brak dostępu do oświetlenia, urządzeń elektronicznych i sprzętu AGD w czasie przerw.

Środki adaptacyjne

- **Projektowe:**
 - przygotowanie infrastruktury pod możliwość instalacji **magazynów energii (baterie Li-ion, min. 5–10 kWh na budynek)**,
 - wydzielenie obwodów krytycznych (np. oświetlenie awaryjne, pompy ciepła, wentylacja).
- **Techniczne:**
 - zastosowanie pomp ciepła z funkcją **awaryjnego trybu pracy** przy obniżonym napięciu,
 - możliwość podłączenia **agregatu prądowłóczego** w układzie zewnętrznym (złącze serwisowe),
 - stosowanie instalacji PV przygotowanych do pracy w trybie **backup/off-grid** (falowniki hybrydowe).
- **Eksploatacyjne:**
 - opracowanie procedury awaryjnej dla mieszkańców (kolejność wyłączania odbiorników, czasowe korzystanie z agregatu),

- regularne przeglądy instalacji elektrycznych i zabezpieczeń przeciwprzepięciowych,
- monitoring napięcia w sieci z możliwością rejestracji zakłóceń i zgłoszeń do operatora.

3.6. Ryzyko pogorszenia jakości powietrza wewnętrznego

Mechanizm powstawania

Budynki w Inowłodzu zaprojektowano zgodnie z WT2021, co oznacza bardzo wysoką szczelność przegród i stolarki. To z jednej strony ogranicza straty energii, ale w perspektywie 2030–2050 może nasilać problemy z jakością powietrza wewnętrznego, szczególnie w kontekście:

- **rosnącej liczby dni smogowych** w Polsce centralnej (epizody wysokiego stężenia PM_{2.5} i PM₁₀),
- **częstszych fal upałów**, sprzyjających podwyższonemu stężeniu ozonu troposferycznego i lotnych związków organicznych (LZO),
- **niewłaściwej wentylacji** – brak centralnej rekuperacji w projekcie ogranicza wymianę powietrza, co może prowadzić do kumulacji CO₂ i wilgoci,
- **zwiększonej wilgotności względnej powietrza** – w połączeniu z ograniczoną wentylacją może to sprzyjać rozwojowi pleśni i grzybów.

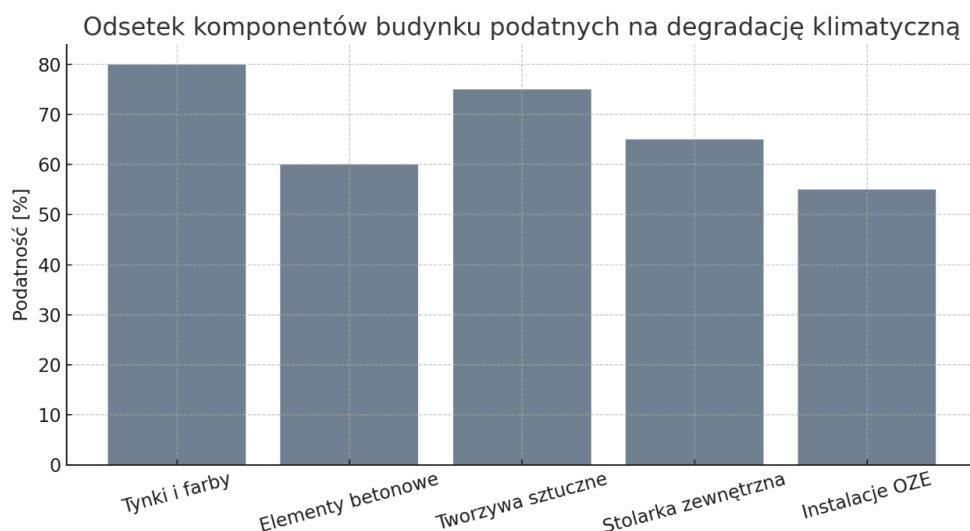
Potencjalne skutki

- **Komfort mieszkańców** – uczucie duszności, bóle głowy, pogorszenie jakości snu.
- **Zdrowie** – większe ryzyko chorób układu oddechowego (astma, alergie), podrażnień błon śluzowych i chorób układu krążenia.
- **Budynki** – zawilgocenie i powstawanie pleśni na mostkach termicznych, co przyspiesza degradację materiałów wykończeniowych.
- **Energia** – w przypadku używania klimatyzacji lub lokalnych oczyszczaczy powietrza – wzrost zużycia energii i kosztów eksploatacyjnych.

Środki adaptacyjne

- **Projektowe:**
 - wprowadzenie **mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (rekuperacja)**,
 - zastosowanie **filtrów klasy co najmniej F7/F9** w układach wentylacyjnych,
 - przygotowanie instalacji pod możliwość montażu czujników CO₂ i wilgotności.
- **Techniczne:**
 - możliwość stosowania **lokalnych rekuperatorów ściennych** w segmentach narożnych,
 - użycie materiałów wykończeniowych o niskiej emisji VOC (zgodnie z EN 16516, TVOC ≤ 0,1 mg/m³ po 28 dniach).
- **Eksploatacyjne:**
 - regularna wymiana i serwis filtrów w systemach wentylacyjnych,
 - okresowe pomiary jakości powietrza (CO₂, PM_{2.5}, wilgotność względna),

- o edukacja mieszkańców w zakresie wietrzenia nocnego i używania osłon przeciwsłonecznych w upały.



3.7. Podsumowanie i klasyfikacja ryzyk klimatycznych

Na podstawie analizy (pkt 3.1–3.6) określono priorytet działań adaptacyjnych dla inwestycji w Inowłodzu. Skala ocen:

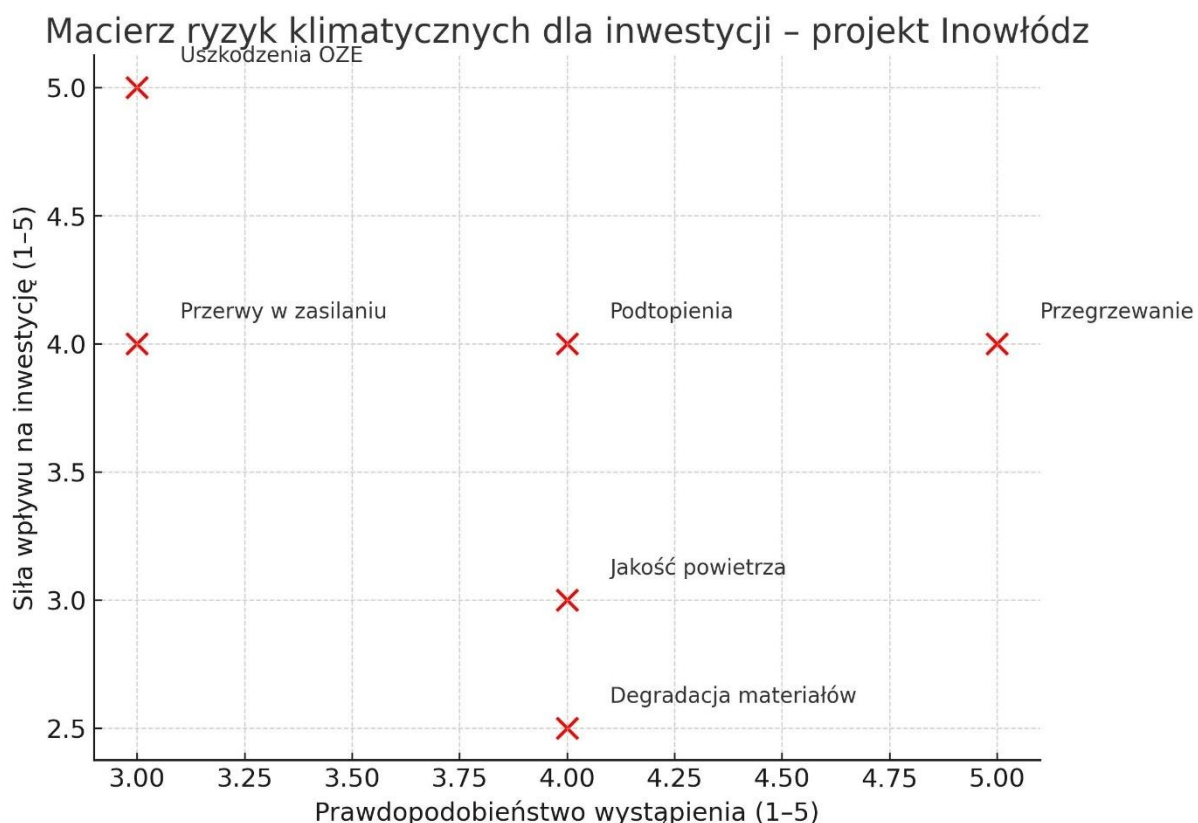
- **Prawdopodobieństwo (P):** 1 – bardzo niskie, 5 – bardzo wysokie.
- **Siła wpływu (S):** 1 – marginalny wpływ, 5 – bardzo silny wpływ na konstrukcję, koszty lub bezpieczeństwo.
- **Priorytet działań (PR):** Niski / Średni / Wysoki.

Nr	Ryzyko klimatyczne	P	S	PR	Uzasadnienie
3.1	Przegrzewanie budynków	5	4	Wysoki	Do 40 dni upalnych i 30 nocy tropikalnych rocznie → ryzyko dyskomfortu i wzrostu zapotrzebowania na chłodzenie.
3.2	Podtopienia i odpływ wód opadowych	4	4	Wysoki	Częstsze opady nawałne mogą przeciążyć system retencji i kanalizacji, erozja gruntu przy fundamentach.
3.3	Uszkodzenia konstrukcji i instalacji OZE	3	5	Wysoki	Wichury i grad mogą uszkodzić dachy, panele PV i stolarkę → wysokie ryzyko techniczne i kosztowe.
3.4	Degradacja materiałów budowlanych	4	3	Średni	UV, cykle mrozowe i opady przyspieszą zużycie elewacji i stolarki → zwiększone koszty utrzymania.
3.5	Przerwy w dostawie energii	3	4	Średni/Wysoki	Burze i awarie sieci mogą zatrzymać pompy ciepła i wentylację; brak magazynów energii zwiększa podatność.
3.6	Pogorszenie jakości powietrza wewnętrznego	4	3	Średni	Wysoka szczelność budynków i brak centralnej rekuperacji → ryzyko CO ₂ , wilgoci i pleśni.

Wnioski z klasyfikacji:

- Najwyższy priorytet działań adaptacyjnych mają: **przegrzewanie budynków (3.1), podtopienia (3.2) oraz uszkodzenia konstrukcji i OZE (3.3).**
- Ryzyka średnie (3.4, 3.5, 3.6) wymagają monitorowania i wprowadzenia dodatkowych rozwiązań technicznych, ale nie stanowią zagrożenia krytycznego dla bezpieczeństwa inwestycji.

Na tej podstawie opracowano graficzną reprezentację ryzyk klimatycznych:



4. ŚRODKI ADAPTACYJNE DLA INWESTYCJI

Zidentyfikowane ryzyka klimatyczne dla zespołu **19 segmentów domów jednorodzinnych w Inowłodzu** wymagają wdrożenia kompleksowych środków adaptacyjnych. Celem jest zwiększenie odporności obiektów na skutki zmian klimatu w perspektywie lat 2030–2050.

Strategia adaptacyjna opiera się na czterech filarach:

- Odporność konstrukcyjno-materiałowa** – wzmacnianie budynków przeciwko wichurom, gradobiciom i nawalnym opadom.
- Minimalizacja efektu przegrzewania i miejskiej wyspy ciepła** – poprawa komfortu cieplnego mieszkańców.
- Bezpieczna gospodarka wodami opadowymi i retencja** – ochrona przed podtopieniami i deficytem wody.

4. **Ochrona infrastruktury energetycznej (OZE, pompy ciepła)** – zapewnienie ciągłości dostaw energii i wydłużenie żywotności instalacji.

Podejście jest **zintegrowane**, co oznacza, że każde z działań uzupełnia pozostałe (np. retencja wspiera ochronę bioróżnorodności, a chłodzenie pasywne ogranicza zapotrzebowanie na energię).

4.1. Konstrukcja budynków odporna na ekstremalne warunki atmosferyczne

Aby zminimalizować ryzyko uszkodzeń konstrukcyjnych, utraty integralności przegród zewnętrznych oraz elementów instalacji OZE podczas wichur, burz i gradobii – w projekcie przewidziano:

Dachy:

- Kąt nachylenia i układ połaci zoptymalizowane pod kątem szybkiego spływu wody.
- Pokrycia dachowe mocowane mechanicznie, z dodatkowymi łącznikami w narożach i przy kalenicach – odporność na wiatr ≥ 120 km/h (PN-EN 1991-1-4).
- Membrany dachowe odporne na UV, amplitudy temperatur i długotrwałą wilgoć.
- Odwodnienie dachów obliczone na deszcze ≥ 150 mm/h, z przelewami awaryjnymi i osadnikami.

Elewacje:

- Ocieplenie z systemami tynków hydrofobowych i elastycznych, odpornych na cykle zamarzania–rozmarzania.
- Wzmocnione kotwienie okładzin elewacyjnych, parapetów i detali architektonicznych.

Elementy instalacji OZE:

- Systemy montażu PV odporne na ssanie wiatru i grad ≥ 25 mm (IEC 61215).
- Konstrukcje wsporcze ze stali nierdzewnej lub aluminium anodowanego z antykorozyjną powłoką.
- Uszczelnione punkty mocowania w połaci dachowej, zapobiegające przenikaniu wody.

4.2. Zastosowanie technologii ograniczających efekt przegrzewania i miejskiej wyspy ciepła

Prognozowany wzrost liczby dni upalnych i tzw. nocy tropikalnych w centralnej Polsce (woj. łódzkie) stwarza ryzyko przegrzewania wnętrza oraz podwyższenia temperatury w otoczeniu zabudowy. W projekcie wprowadzono zestaw środków pasywnych i aktywnych, które mają za zadanie ograniczyć zjawisko nagrzewania budynków i minimalizować efekt miejskiej wyspy ciepła.

Kształtowanie otoczenia:

- **Nasadzenia drzew liściastych** po stronie południowej i zachodniej – zapewniają naturalne zacienienie latem, jednocześnie przepuszczając promieniowanie zimą.
- **Zieleń przyścienna i pnącza** – redukują temperaturę przegrody nawet o kilka stopni i poprawiają mikroklimat lokalny.
- **Powierzchnie przepuszczalne** (kostka ażurowa, geokraty) w strefach dojazdów i dojazdów – ograniczają nagrzewanie nawierzchni i poprawiają infiltrację wód opadowych.
- **Minimalizacja ciemnych, asfaltowych materiałów** wokół budynków – preferencja dla nawierzchni jasnych o wyższym albedo.

Dobór materiałów budowlanych:

- Jasne, refleksyjne elewacje o wysokim współczynniku odbicia (albedo > 0,4).
- Dachy w technologii „cool roof”, pokryte powłokami refleksyjnymi redukującymi absorpcję ciepła.
- Stosowanie izolacji termicznych o podwyższonym oporze cieplnym, co ogranicza zyski cieplne w okresie letnim.

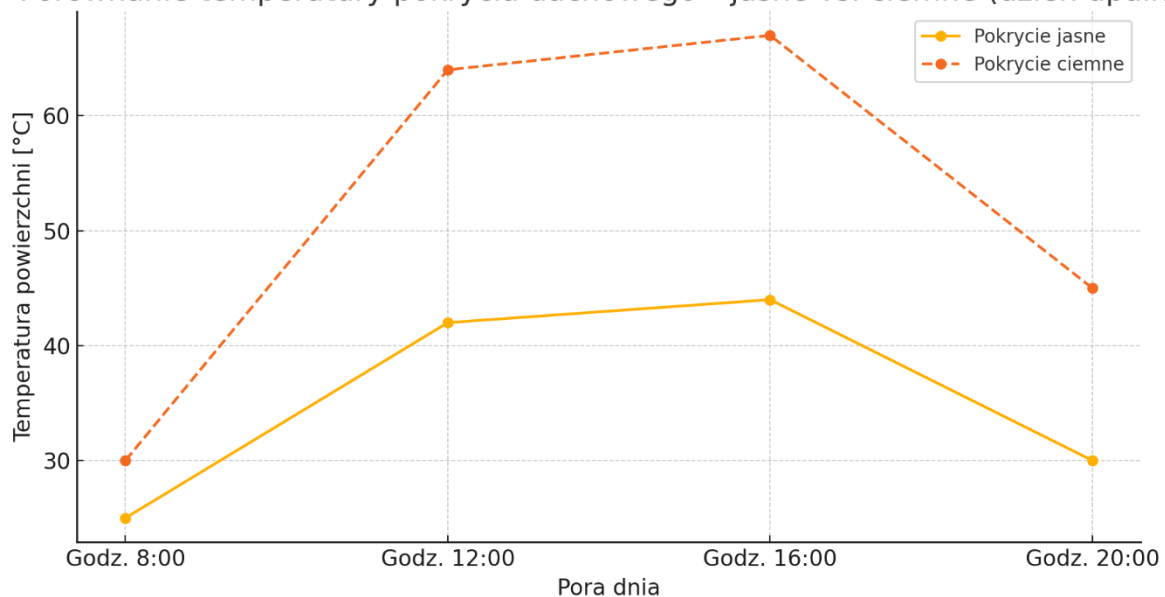
Systemy chłodzenia pasywnego i wspomaganego:

- Pompy ciepła powietrze–woda w trybie odwróconym (chłodzenie latem) – wspomagają utrzymanie temperatury komfortu.
- **Żaluzje fasadowe i rolety screenowe**, sterowane automatycznie na podstawie nasłonecznienia i temperatury, umożliwiają dynamiczne dostosowanie ochrony przeciwsłonecznej.
- Wentylacja nocna i przewietrzanie przekrojowe – wspierają naturalne chłodzenie budynku.

Efekt oczekiwany:

- Obniżenie temperatury wewnętrznej w okresach upałów o 2–4°C bez znaczącego zwiększania zużycia energii.
- Zmniejszenie efektu miejskiej wyspy ciepła w rejonie inwestycji dzięki dodatkowej zieleni i przepuszczalnym nawierzchniom.
- Utrzymanie wysokiej jakości komfortu cieplnego zgodnie z normą **PN-EN 16798-1:2019**.

Porównanie temperatury pokrycia dachowego – jasne vs. ciemne (dzień upalny)



4.3. Systemy zarządzania wodą deszczową i retencji

Ze względu na wzrost częstotliwości opadów nawaalnych oraz okresowych susz w regionie łódzkim, w projekcie zastosowano rozwiązania, które pozwalają efektywnie gospodarować wodami opadowymi i zwiększają odporność osiedla na ekstremalne zjawiska pogodowe.

Zbiornik retencyjny z funkcją małej retencji użytkowej:

- Podziemne zbiorniki retencyjne gromadzą wodę spływającą z dachów segmentów.

- Woda retencjonowana przeznaczona jest do podlewania terenów zielonych (ogrody przydomowe, zieleni wspólna).
- Zbiorniki wyposażone w **przelewy awaryjne** do kanalizacji deszczowej (KD), działające tylko w sytuacji nadmiaru opadów.

Separatory zanieczyszczeń:

- Przy odpływach z miejsc postojowych zaplanowano separatory ropopochodne, które eliminują ryzyko przedostania się olejów, paliw czy innych substancji do gruntu i wód podziemnych.

Kształtowanie nawierzchni i odwodnienia:

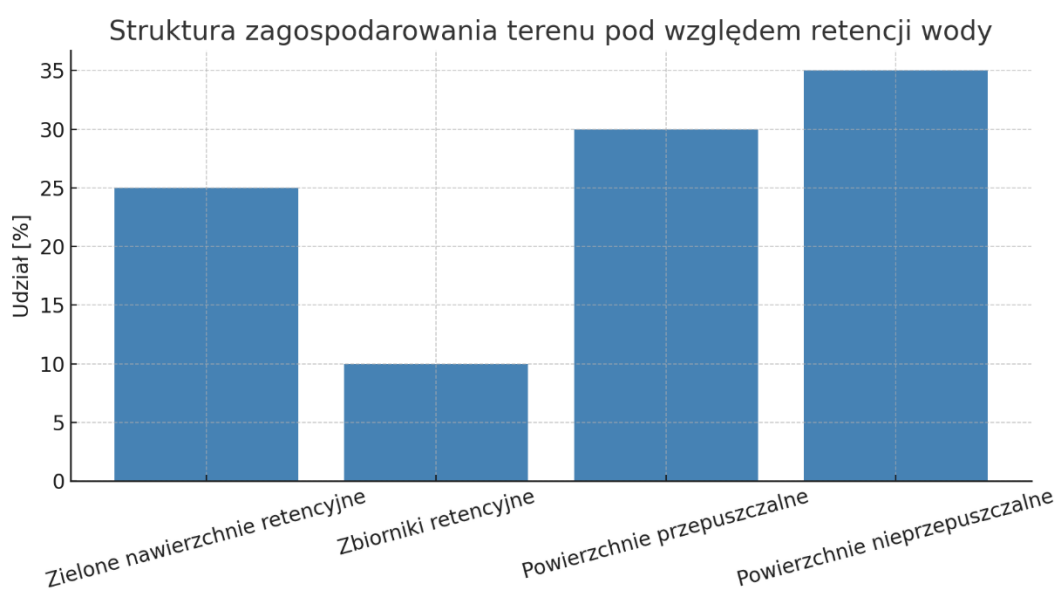
- Ciągi piesze i dojazdy wykonane z **nawierzchni przepuszczalnych** (kostka ażurowa, geokraty, płyty z poszerzoną fugą).
- Ukształtowanie spadków terenu w stronę terenów zielonych i niecek retencyjnych, co sprzyja infiltracji i odciąża kanalizację.
- **Odwodnienia liniowe** przy wjazdach i wejściach, aby ograniczyć spływ wody do wnętrza budynków.

Minimalizacja efektu spływu powierzchniowego:

- Ograniczenie stosowania asfaltowych, nieprzepuszczalnych powierzchni.
- Wprowadzenie **roślinności hydrofitowej** w strefach odbioru wód deszczowych – naturalna filtracja i oczyszczanie.
- Możliwość zastosowania ogrodów deszczowych i studni chłonnych w miejscach newralgicznych.

Efekt oczekiwany:

- Zmniejszenie ryzyka lokalnych podtopień w przypadku opadów nawałnych.
- Poprawa infiltracji wód opadowych i ograniczenie spływu powierzchniowego.
- Wzmocnienie odporności osiedla na susze – dzięki wtórnemu wykorzystaniu zgromadzonej wody.
- Zgodność z zasadą DNSH i kryteriami Taksonomii UE w obszarze gospodarki wodnej.



4.4. Zabezpieczenie instalacji fotowoltaicznej i pomp ciepła przed czynnikami klimatycznymi

Systemy OZE – instalacja fotowoltaiczna o łącznej mocy **68,3 kWp** oraz pompy ciepła w każdym z budynków – stanowią kluczowy element bilansu energetycznego inwestycji w Inowłodzu. Z tego względu wymagają szczególnych środków zabezpieczających przed skutkami zmian klimatycznych (silne wiatry, opady nawalne, grad, susze).

Instalacja fotowoltaiczna (PV):

- **Panele klasy A** – odporne na grad (test kulki lodu o średnicy ≥ 25 mm, prędkość uderzenia 23 m/s, norma IEC 61215).
- **Montaż dachowy** – uwzględniający strefy szczególnie narażone na ssanie wiatru (krawędzie i narożniki połaci dachowych zabezpieczone dodatkowymi uchwytami).
- **Konstrukcje wsporcze** – z aluminium anodowanego lub stali nierdzewnej, zabezpieczone antykorozyjnie i odporne na długotrwałe drgania.
- **Uszczelnienia** – punkty kotwienia i przejścia dachowe zabezpieczone przed penetracją wody opadowej.
- **System monitoringu PV** – z funkcją zdalnego powiadamiania o spadkach mocy, zaciemieniu, awarii lub przegrzewaniu modułów.

Pompy ciepła powietrze–woda:

- **Jednostki zewnętrzne** montowane na podestach powyżej poziomu gruntu – zabezpieczenie przed zalaniem w przypadku intensywnych opadów i lokalnych podtopień.
- **Oslony przeciwwiatrowe i przeciwsnieżne** – ograniczające wpływ ekstremalnych warunków na wymienniki ciepła i elektronikę sterującą.
- **Sterowanie predykcyjne** – integracja pomp z prognozami pogody (np. wcześniejsze podbicie temperatury w instalacji przy ryzyku ochłodzenia, redukcja pracy w czasie upałów).
- **Czynniki chłodnicze** – stosowanie wyłącznie niskoemisyjnych czynników o GWP ≤ 750 (R32, R290), zgodnych z wymogami Taksonomii UE.

System zarządzania energią (EMS):

- **Bilansowanie produkcji PV** z zapotrzebowaniem budynków – preferencja autokonsumpcji.
- Możliwość pracy w **trybie wyspowym** przy zastosowaniu magazynów energii w przyszłości (zasilanie krytycznych systemów w przypadku awarii sieci).
- **Zdalne sterowanie** pracą pomp ciepła, rekuperacji i PV – optymalizacja poboru mocy i redukcja strat energii.

Efekt oczekiwany:

- Zmniejszenie ryzyka uszkodzeń instalacji PV i pomp ciepła przy ekstremalnych zjawiskach pogodowych.
- Wydłużenie żywotności elementów systemów OZE.
- Utrzymanie wysokiej efektywności energetycznej i minimalizacja kosztów eksploatacyjnych.
- Zgodność z zasadą DNSH w zakresie łagodzenia i adaptacji do zmian klimatu.

4.5. Powiązanie środków adaptacyjnych z ryzykami klimatycznymi

Ryzyko klimatyczne	Środki adaptacyjne	Efekt / oczekiwany rezultat
Przegrzewanie wewnątrz	<ul style="list-style-type: none"> Jasne, refleksyjne pokrycia dachów i elewacji ("cool roof", wysokie albedo). Nasadzenia drzew liściastych i pnączy po stronach południowej/zachodniej. Rolety/żaluzje fasadowe sterowane automatycznie. Pompy ciepła powietrze-woda z funkcją aktywnego chłodzenia. 	<ul style="list-style-type: none"> Redukcja nagrzewania przegród. Niższa temperatura wewnętrzna w czasie upałów. Ograniczenie efektu miejskiej wyspy ciepła.
Podtopienia i zwiększony odpływ opadów	<ul style="list-style-type: none"> Podziemny zbiornik retencyjny z regulowanym odpływem i przelewem awaryjnym. Nawierzchnie przepuszczalne (płyty ażurowe, geokraty, kostka z szeroką fugą). Spadki terenu kierowane na zieleń/niecki infiltracyjne, odwodnienia liniowe. Separatory ropopochodne przy parkingach. 	<ul style="list-style-type: none"> Mniejsze ryzyko lokalnych zalewisk. Odciążenie kanalizacji deszczowej. Lepsza infiltracja wód opadowych na działce.
Uszkodzenia instalacji OZE i dachu	<ul style="list-style-type: none"> Montaż PV z zachowaniem minimalnych odległości od krawędzi dachów. Uchwyty i profile z materiałów odpornych na korozję. Panele odporne na grad ≥ 25 mm (IEC 61215). Wzmocnione mocowania pokryć dachowych (PN-EN 1991-1-4). 	<ul style="list-style-type: none"> Ograniczenie ryzyka uszkodzeń mechanicznych. Wydłużenie trwałości instalacji PV. Zmniejszenie strat energii i kosztów napraw.
Degradacja materiałów budowlanych	<ul style="list-style-type: none"> Dobór materiałów elewacyjnych odpornych na UV i cykle zamarzania/rozmarzania. Ochrona tynków i powłok malarskich przed zawilgoceniem. Regularne przeglądy techniczne i konserwacje. 	<ul style="list-style-type: none"> Wydłużenie żywotności elewacji i elementów zewnętrznych. Niższe koszty remontów. Lepsza estetyka obiektu w długim okresie.

	<ul style="list-style-type: none"> • Uszczelki z materiałów odpornych na starzenie. 	
Przerwy w dostawie energii elektrycznej	<ul style="list-style-type: none"> • System monitoringu PV i pomp ciepła z alertami awaryjnymi. • Możliwość pracy wyspowej przy magazynach energii. • Podesty i osłony jednostek zewnętrznych pomp ciepła. • Sterowanie predykcyjne instalacjami na podstawie prognoz pogody. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utrzymanie kluczowych funkcji budynku w czasie awarii. • Ograniczenie skutków przerw w zasilaniu dla komfortu mieszkańców. • Poprawa bezpieczeństwa i niezawodności.
Pogorszenie jakości powietrza wewnętrznego	<ul style="list-style-type: none"> • Wentylacja mechaniczna z filtrami wysokiej klasy (F7/F9) i odzyskiem ciepła. • Czujniki CO₂ i wilgotności sterujące wydajnością wentylacji. • Uszczelnienie stolarki przy zapewnieniu kontrolowanego nawiewu. • Monitorowanie jakości powietrza zewnętrznego i automatyczne ograniczanie napływu w czasie smogu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utrzymanie wysokiej jakości powietrza w mieszkaniach. • Redukcja ryzyka rozwoju pleśni i grzybów. • Poprawa komfortu i zdrowia użytkowników.

5. MONITORING I RAPORTOWANIE WPŁYWU ZMIAN KLIMATYCZNYCH

Dla zapewnienia ciągłości adaptacji do zmieniających się warunków klimatycznych, inwestycja w Inowłodzu (zespół budynków jednorodzinnych w zabudowie szeregowej) zostanie wyposażona w system monitorowania parametrów środowiskowych, konstrukcyjnych i eksploatacyjnych. Celem jest:

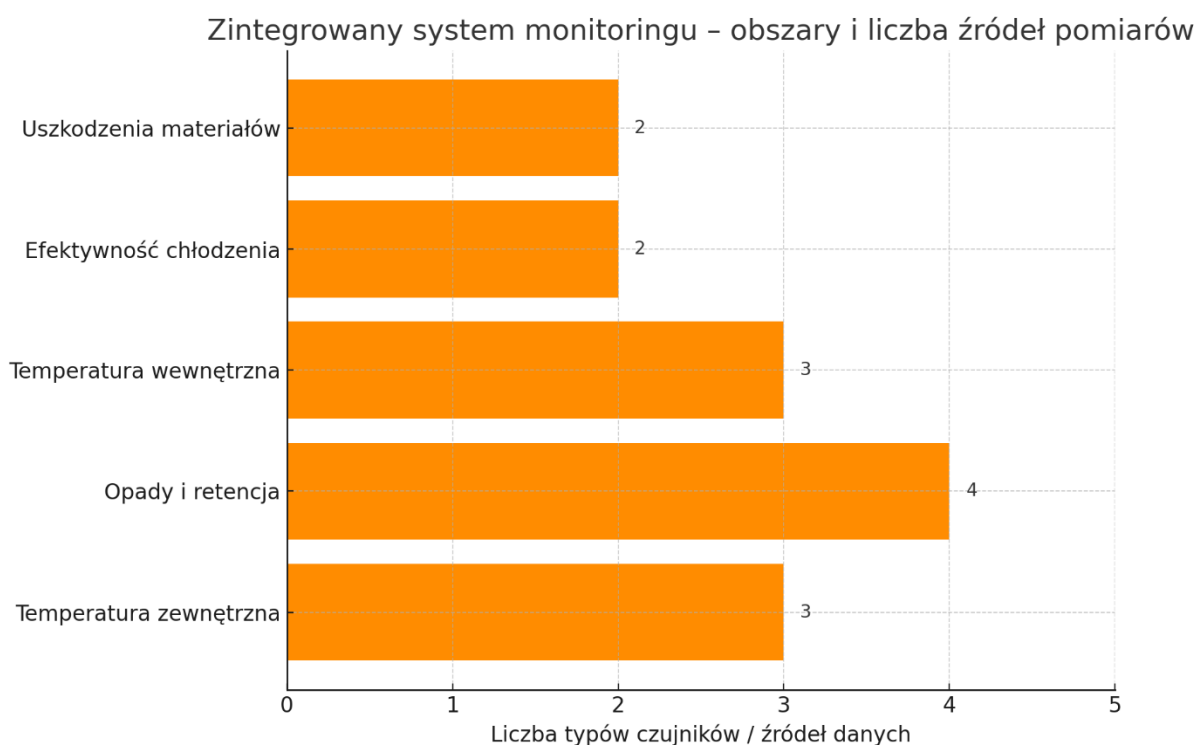
- bieżące zarządzanie zidentyfikowanymi ryzykami klimatycznymi,
- ograniczenie skutków fal upałów, opadów nawaalnych, burz i susz,
- raportowanie zgodności z zasadą DNSH, Taksonomią UE i KPO,
- stała aktualizacja strategii adaptacyjnej.

Monitoring obejmie zarówno **dane w czasie rzeczywistym**, jak i **okresowe audyty techniczne**.

5.1. System monitorowania temperatury, opadów i nasłonecznienia

- **Dane meteorologiczne** – bieżący dostęp do danych IMGW oraz własnej stacji pogodowej zamontowanej na terenie inwestycji.
- **Czujniki środowiskowe na terenie inwestycji:**
 - pomiar temperatury powietrza (różne ekspozycje),

- rejestracja intensywności opadów (mm/h) i liczby dni z opadem ≥ 10 mm,
- pomiar promieniowania słonecznego (W/m^2) – ocena pracy PV.
- **Czujniki wewnętrzne:**
 - pomiar temperatury i wilgotności względnej w lokalach testowych,
 - monitoring pracy systemów chłodzenia pasywnego i pomp ciepła.
- **Monitoring odwodnienia i retencji:**
 - czujniki poziomu w zbiornikach retencyjnych,
 - detekcja przelewów awaryjnych,
 - kontrola odpływów i wykrywanie przeciążeń hydraulicznych w kanalizacji deszczowej.



5.2. Ocena skuteczności środków adaptacyjnych

Co 2–3 lata przeprowadzane będą audyty techniczne, obejmujące:

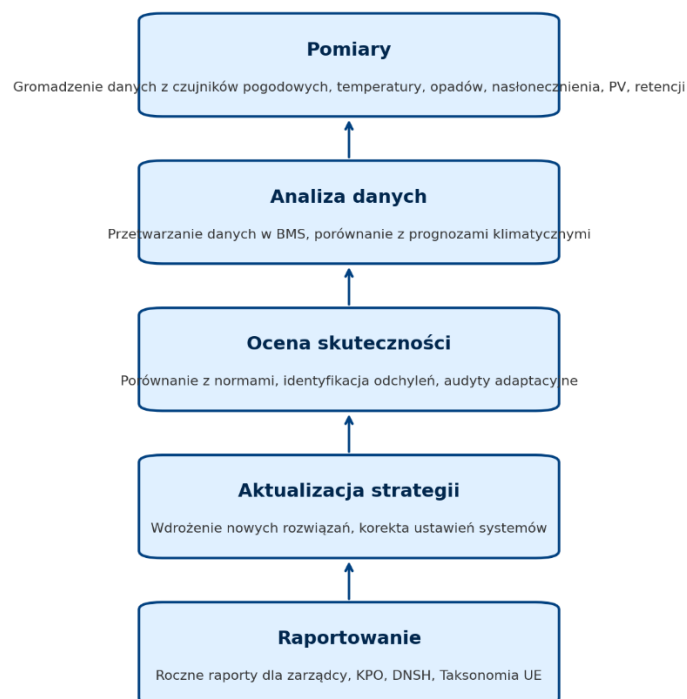
- **Efektywność energetyczną chłodzenia** – analiza danych z pomp ciepła i PV w okresach upałów ($\geq 30^\circ C$).
- **Kontrolę stanu technicznego przegród i dachów:**
 - inspekcje po ekstremalnych zdarzeniach pogodowych (grad, wichury, ulewy),
 - badania powłok dachowych, izolacji i dylatacji,
 - pomiar naprężeń konstrukcji PV.
- **Monitoring retencji wód opadowych:**
 - objętość retencionowanej wody,
 - skuteczność infiltracji,

- częstotliwość i intensywność zrzutów do kanalizacji deszczowej.
- **Audyty adaptacyjne:**
 - porównanie danych z normami PN-EN i prognozami IMGW/IPCC,
 - opracowanie raportu dla zarządcy inwestycji i gminy.

5.3. Możliwość aktualizacji strategii adaptacyjnej

- **Rewizja strategii** – co 5 lat lub częściej, jeśli pojawiają się odchylenia od prognoz klimatycznych.
- **Integracja z systemem BMS** – automatyczne sterowanie pompami ciepła, chłodzeniem i retencją w oparciu o prognozy pogody.
- **Rozbudowa rozwiązań adaptacyjnych** – wdrożenie nowych technologii (zielone dachy, dodatkowe zbiorniki retencyjne, magazyny energii).
- **Zgodność z UE i KPO** – śledzenie zmian w prawie i dostosowanie raportowania do wymagań instytucji finansujących.
- **Raportowanie:**
 - roczne raporty środowiskowe dla mieszkańców i samorządu,
 - sprawozdania zgodne z DNSH, Taksonomią UE i KPO.

Schemat monitoringu i raportowania wpływu zmian klimatycznych



6. PODSUMOWANIE I ZGODNOŚĆ Z WYMOGAMI KPO

Realizowana inwestycja w Inowłodzu została zaprojektowana z uwzględnieniem prognozowanych zmian klimatycznych w horyzoncie lat 2030–2050. Dokumentacja i przyjęte rozwiązania pokazują kompleksowe podejście do odporności budynków i infrastruktury na skutki ocieplenia klimatu, rosnącej częstotliwości zjawisk ekstremalnych (upały, silne wiatry, gradobicia, intensywne opady), a także długotrwałych susz. Analiza ryzyk wykazała konieczność zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych, materiałowych, instalacyjnych i organizacyjnych, które pozwolą na ograniczenie skutków klimatycznych i utrzymanie zgodności z zasadą DNSH.

6.1. Przyjęte środki adaptacyjne

1. Zwiększenie odporności konstrukcyjnej

- Wzmocnienie elementów nośnych dachu, elewacji i instalacji zewnętrznych.
- Projektowanie zgodnie z normami PN-EN dotyczącymi obciążeń wiatrem $\geq 100\text{--}120\text{ km/h}$ i opadów deszczu $\geq 150\text{ mm/h}$.
- Stosowanie mocowań paneli PV, rolet i obróbek blacharskich odpornych na ssanie wiatru, grad i dynamiczne drgania.

2. Redukcja ryzyka przegrzewania budynków

- Zastosowanie pomp ciepła powietrze–woda w trybie chłodzenia w okresie letnim.
- Użycie materiałów elewacyjnych i dachowych o wysokim współczynniku odbicia promieniowania słonecznego (jasne tynki, powłoki „cool roof”).
- Wprowadzenie zieleni wysokiej i pnącej po stronie południowej i zachodniej.
- Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych w otoczeniu budynków, ograniczających efekt miejskiej wyspy ciepła.

3. Zarządzanie wodą opadową i retencją

- Instalacja podziemnych zbiorników retencyjnych z regulowanym odpływem.
- Wdrożenie nawierzchni przepuszczalnych (kostka ażurowa, geokraty, płyty wodoprzepuszczalne).
- Kształtowanie spadków terenu w stronę terenów zielonych i niecek infiltracyjnych.
- Ograniczenie spływu powierzchniowego i poprawa mikroretencji.

4. Zabezpieczenie instalacji OZE i systemów grzewczych

- Dobór modułów PV odpornych na grad (średnica kulki lodu $\geq 25\text{ mm}$) i zmienne obciążenia wiatrowe.
- Wzmocnione konstrukcje wsporcze z aluminium anodowanego lub stali nierdzewnej.
- Jednostki pomp ciepła ustawione powyżej poziomu gruntu, z osłonami przeciwwiatrowymi i przeciwsnieżnymi.
- Automatyzacja pracy systemów w oparciu o prognozy pogodowe i integracja z systemem zarządzania energią (BMS).

5. System zintegrowanego monitorowania

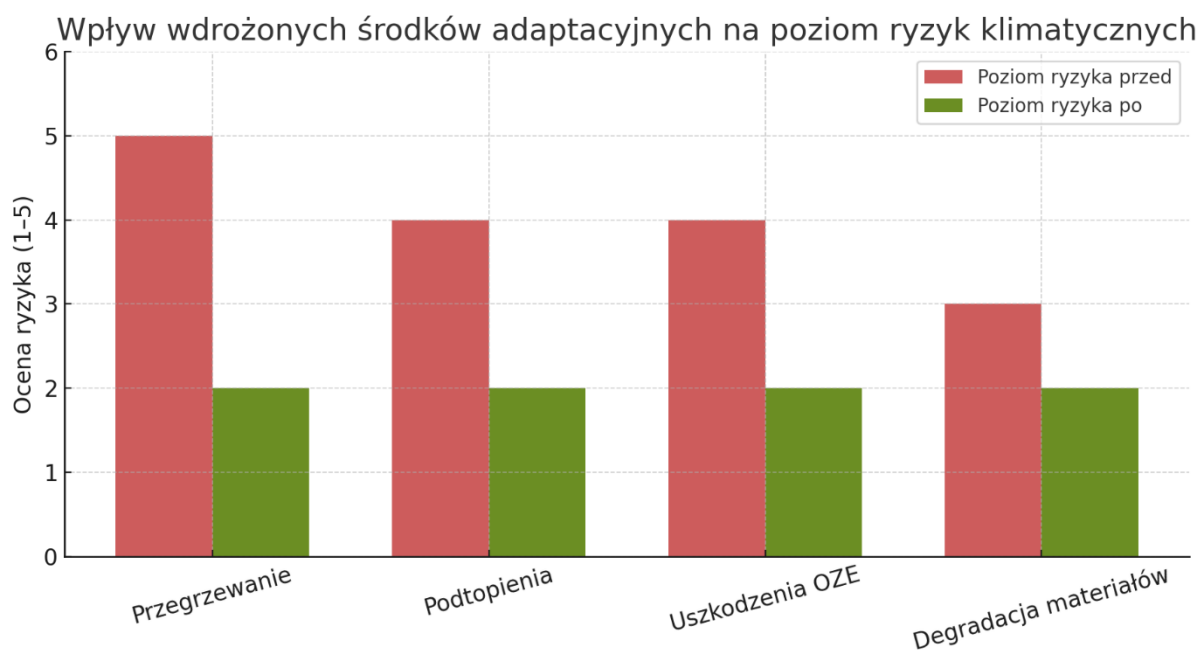
- Ciągły pomiar temperatur, wilgotności, nasłonecznienia i poziomu wód opadowych.
- Integracja danych w systemie BMS umożliwiająca predykcyjne sterowanie instalacjami.

- Raportowanie okresowe do zarządcy i organów samorządowych, zgodne z wymogami KPO i Taksonomii UE.

6.2. Zgodność z wymogami KPO

Przyjęte rozwiązania techniczne i organizacyjne są w pełni zgodne z dokumentami strategicznymi i prawnymi:

- **Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)** – projekt wpisuje się w filar „Zielona, inteligentna mobilność i środowisko”, w szczególności komponent „odporność infrastruktury na zmiany klimatu”.
- **Rozporządzenie (UE) 2021/241** – inwestycja została zaprojektowana z uwzględnieniem odporności na zmiany klimatyczne w całym cyklu życia (projektowanie → budowa → eksploatacja).
- **Taksonomia UE (Rozporządzenie 2020/852)** – spełnia kryteria celu „adaptacja do zmian klimatu”, w tym: ochronę przed podtopieniami, redukcję ryzyka przegrzewania, monitoring środowiskowy.
- **Zasada DNSH (Do No Significant Harm)** – projekt nie powoduje istotnych szkód w żadnym z sześciu obszarów środowiskowych (klimat, adaptacja, woda, GOZ, zanieczyszczenia, bioróżnorodność).



7. WNIOSKI

Realizacja inwestycji w Inowłodzu w obecnym kształcie gwarantuje wysoką odporność budynków na skutki zmian klimatycznych prognozowanych w horyzoncie lat 2030–2050.

Przeprowadzona analiza ryzyk klimatycznych, w połączeniu z wdrożonymi środkami adaptacyjnymi, potwierdza, że projekt spełnia wymogi w zakresie bezpieczeństwa, trwałości oraz komfortu użytkowania w warunkach coraz częstszych i bardziej intensywnych zjawisk ekstremalnych.

Kluczowe efekty wdrożonych rozwiązań

1. Minimalizacja ryzyka przegrzewania wnętrz

- Wdrożenie pasywnego systemu chłodzenia w oparciu o klimakonwektory pracujące w obiegu pozasprężarkowym.
- Kształtowanie otoczenia budynków: zieleni wysoka, pnącza, nawierzchnie przepuszczalne i jasne materiały wykończeniowe.
- Redukcja efektu miejskiej wyspy ciepła i ograniczenie wahań temperatury wewnętrznej.

2. Zabezpieczenie przed podtopieniami i przeciążeniem kanalizacji

- System retencji wód opadowych z regulowanym odpływem.
- Wdrożenie nawierzchni o wysokiej przepuszczalności (kratki trawnikowe, geokraty, płyty ażurowe).
- Rozwiązania rozsączające (studnie chłonne, skrzynki rozsączające) ograniczające spływ powierzchniowy.

3. Ochrona instalacji OZE i systemów technicznych budynków

- Dobór komponentów odpornych na grad, promieniowanie UV i obciążenia wiatrowe.
- Montaż PV i pomp ciepła z zachowaniem zasad minimalizujących ryzyko uszkodzeń w strefach brzegowych dachu.
- Stały monitoring pracy instalacji PV i pomp ciepła w ramach zintegrowanego systemu BMS.

4. Zwiększenie trwałości materiałów i infrastruktury

- Stosowanie powłok o podwyższonej odporności na korozję.
- Ochrona przed degradacją spowodowaną wilgocią i skrajnymi temperaturami.
- Rozwiązania redukujące naprężenia materiałowe i odbarwienia elewacji.

5. Efektywny system monitoringu i zarządzania adaptacyjnego

- Ciągły pomiar parametrów klimatycznych, środowiskowych i eksploatacyjnych.
- Możliwość natychmiastowej reakcji w przypadku odchyleń od norm.
- Cykliczna rewizja strategii adaptacyjnej co 5 lat w oparciu o dane eksploatacyjne i aktualizacje prognoz klimatycznych.


Zgodność z polityką klimatyczną UE i KPO

- **Taksonomia UE (Rozporządzenie 2020/852)** – projekt spełnia kryteria celu środowiskowego „adaptacja do zmian klimatu” i nie powoduje istotnych szkód w rozumieniu zasady *Do No Significant Harm (DNSH)*.
- **Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)** – inwestycja wpisuje się w filar „Zielona, inteligentna mobilność i środowisko”, w szczególności komponent „odporność infrastruktury na zmiany klimatu”.
- **Odporność długoterminowa** – zastosowane rozwiązania zapewniają możliwość aktualizacji strategii adaptacyjnej w cyklu pięcioletnim, zgodnie z wytycznymi KE i KPO.

- **Przykład dobrych praktyk** – projekt może pełnić rolę modelowego wzorca dla innych inwestycji mieszkaniowych, integrujących kryteria klimatyczne, energetyczne i środowiskowe.

Wniosek końcowy

Dzięki kompleksowemu podejściu do identyfikacji, oceny i minimalizacji ryzyk klimatycznych, inwestycja w Inowłodzu może zostać uznana za w pełni odporną na przewidywane zmiany klimatyczne oraz zgodną z europejskimi standardami środowiskowymi i regulacyjnymi.

V	PLAN ZARZĄDZANIA ODPADAMI BUDOWLANYMI	
---	---------------------------------------	---

1. INFORMACJE OGÓLNE

Zakres

i

podstawy

Plan został opracowany dla zadania: *Budowa 10 budynków mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie bliźniaczej wraz z infrastrukturą techniczną przy ul. Polnej w Inowłodzu*. Uwzględniono wymagania Taksonomii UE, Rozporządzeń wykonawczych, Protokołu UE w sprawie odpadów budowlanych i rozbiórkowych oraz Ustawy o odpadach.

Cele planu

- minimalizacja ilości wytwarzanych odpadów poprzez projektowanie i realizację w systemie DfE oraz optymalizację zużycia materiałów,
- zwiększenie poziomu recyklingu i ponownego użycia do co najmniej 70% masy odpadów,
- zapewnienie zgodności z przepisami prawa, w tym segregacji odpadów, ich bezpiecznego magazynowania i przekazania uprawnionym odbiorcom,
- ograniczenie emisji pyłów, hałasu i substancji niebezpiecznych podczas prowadzenia robót.

1.1. Podstawowe informacje o inwestycji

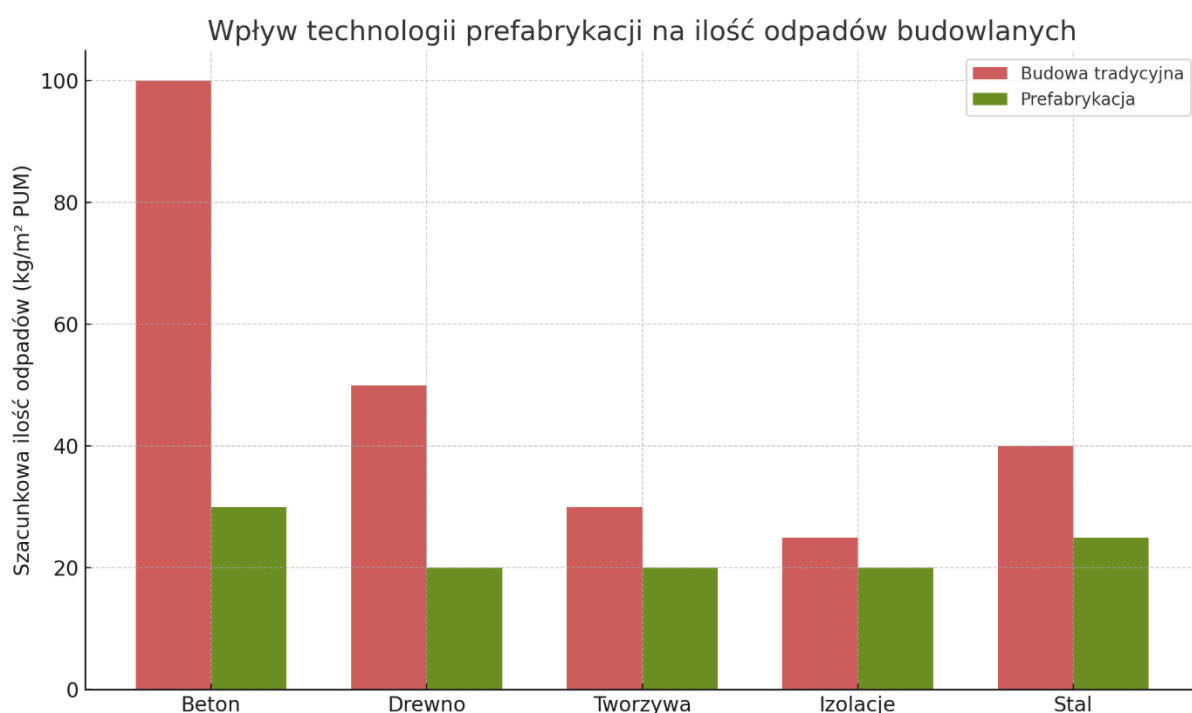
- **Nazwa i adres:** Budowa 10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych (bliźniaki), ul. Polna, 97-215 Inowłódz.
- **Działki ewidencyjne:** 4496 i 4497.
- **Kategoria obiektu budowlanego:** I.
- **Inwestor:** SIM KZN Łódzkie Centrum sp. z o.o., ul. Prez. I. Mościckiego 12B, 97-200 Tomaszów Mazowiecki.
- **Liczba budynków / lokali:** 10 budynków / 20 lokali mieszkalnych.

1.2. Kluczowe parametry techniczne inwestycji

- **Powierzchnia użytkowa jednego budynku (PUM):** 151,31 m².
- **Łączna powierzchnia użytkowa (PUM):** 1 513,10 m².
- **Konstrukcja:** murowana, stropy żelbetowe.
- **Źródła energii i instalacje OZE:** pompy ciepła powietrze–woda, instalacje fotowoltaiczne o mocy ok. 6,83 kWp dla każdego budynku (łącznie ok. 68,3 kWp), wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.
- **Gospodarka wodno-ściekowa i deszczowa:** przyłącze wodociągowe, szczelne zbiorniki bezodpływowe na ścieki bytowe, retencja i rozsączanie wód opadowych na terenie działek z kontrolowanym odpływem.

1.3. Zasady opracowania planu

- **Optymalizacja logistyki dostaw** – materiały dostarczane w systemie „just-in-time” w celu ograniczenia strat.
- **Segregacja odpadów u źródła** – pojemniki i kontenery oznakowane zgodnie z katalogiem odpadów.
- **Prefabrykacja i cięcie elementów na wymiar** – redukcja strat materiałowych.
- **Ponowne użycie materiałów** – palety, elementy deskowań i bloczki w dobrym stanie wykorzystywane ponownie.
- **Minimalizacja odpadów niebezpiecznych** – stosowanie materiałów niskoemisyjnych, bezazbestowych, bez lotnych związków organicznych.
- **Ewidencja w systemie BDO** – prowadzenie kart przekazania odpadów i raportowanie poziomu odzysku i recyklingu.



2. RODZAJE I ILOŚCI ODPADÓW BUDOWLANYCH

Analiza odpadów budowlanych dla inwestycji budowy 10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych (łącznie 20 lokali mieszkalnych) w Inowłodzu została przeprowadzona na podstawie dokumentacji projektowej, przyjętej technologii wykonania oraz referencyjnych wskaźników intensywności odpadów dla budownictwa jednorodzinnego w Polsce.

Technologia tradycyjna (murowana, stropy żelbetowe) z częściową prefabrykacją oraz znaczącym udziałem prac wykończeniowych powoduje, że struktura odpadów obejmuje zarówno frakcje mineralne (beton, gruz, elementy murowe, izolacje), jak i frakcje opakowaniowe, instalacyjne oraz wykończeniowe.

Odpady będą powstawały głównie w wyniku:

- robót ziemnych i fundamentowych,
- wznoszenia konstrukcji murowych i żelbetowych,

- docinek materiałów izolacyjnych i wykończeniowych,
- montażu instalacji sanitarnych, elektrycznych i wentylacyjnych,
- prac zagospodarowania terenu (drogi, chodniki, place postojowe).

2.1. Metodologia szacowania odpadów

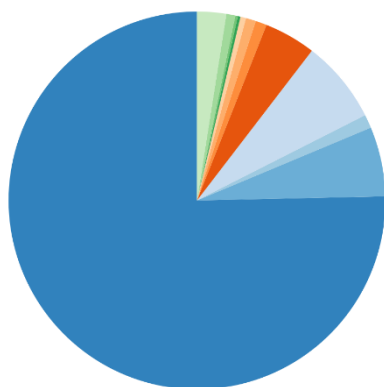
- **Powierzchnia użytkowa mieszkań (PUM):** 1 513,10 m².
- **Liczba budynków:** 10 (łącznie 20 lokali).
- **Technologia:** murowana z prefabrykacją wybranych elementów.
- **Źródło wskaźników:** dane referencyjne GUNB, IOŚ–PIB i literatura branżowa.
- **Klasyfikacja odpadów:** zgodnie z katalogiem odpadów (Dz.U. 2020 poz. 10, załącznik).
- **Segregacja:** obowiązkowa na etapie źródłowym (plac budowy), z wydzieleniem frakcji przeznaczonych do recyklingu i odzysku.

2.2. Szacunkowe zestawienie odpadów budowlanych

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Szacunkowa masa odpadu [Mg]	Źródło powstawania	Zalecany sposób zagospodarowania
17 01 01	Beton i gruz betonowy	39,2	Docinki, fundamenty, roboty żelbetowe	Recykling na kruszywo budowlane
17 04 05	Żelazo i stal	3,1	Zbrojenie, elementy montażowe	Oddanie do skupu złomu
17 02 01	Drewno	0,6	Palety, skrzynie, deskowania	Odzysk energetyczny lub recykling
17 01 07	Elementy murowe	3,7	Bloczek, pustak, cegła	Recykling materiałowy
17 06 04	Izolacje termiczne	2,3	Docinki styropianu, wełny mineralnej	Przetwarzanie w zakładzie odzysku
17 09 04	Mieszane odpady z zapraw, klejów	0,5	Resztki klejów, fug	Składowanie lub odzysk materiałowy
17 02 03	Tworzywa sztuczne	0,45	Folie, opakowania, elementy montażowe	Recykling materiałowy
17 06 05	Stolarka budowlana	0,25	Uszkodzone elementy transportowe	Recykling lub ponowne użycie
17 05 04	Gleba i ziemia z wykopów	wg dokumentacji PZT	Roboty ziemne	Rekultywacja lub wykorzystanie do kształtowania terenu
17 03 02	Bitum (izolacje)	0,12	Papa, hydroizolacje fundamentów	Przetwarzanie specjalistyczne
17 06 01	Materiały przeciwwilgociowe	0,11	Folie, membrany	Recykling lub unieszkodliwienie

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Szacunkowa masa odpadu [Mg]	Źródło powstawania	Zalecany sposób zagospodarowania
17 09 02	Farby i powłoki malarskie	0,4	Resztki farb, opakowania	Utylizacja w zakładzie specjalistycznym
17 05 08	Kruszywa, podsypki, piasek	1,3	Drogi wewnętrzne, chodniki	Ponowne użycie lub recykling

Procentowy udział frakcji odpadów budowlanych (Mg) – Inowódz



Frakcja odpadów	Udział [%]
Beton i gruz betonowy	75.3 %
Żelazo i stal	6.0 %
Drewno	1.2 %
Elementy murowe	7.1 %
Izolacje termiczne	4.4 %
Mieszane odpady z zapraw, klejów	1.0 %
Tworzywa sztuczne	0.9 %
Stołarka budowlana	0.5 %
Bitum (izolacje)	0.2 %
Materiały przeciwwilgociowe	0.2 %
Farby i powłoki malarskie	0.8 %
Kruszywa, podsypki, piasek	2.5 %

3. SPOSÓB ZAPOBIEGANIA POWSTAWANIU ODPADÓW

W ramach inwestycji budowy **10 budynków jednorodzinnych dwulokalowych** w Inowłodzu (łącznie powierzchnia użytkowa mieszkań **PUM = 1 513,10 m²**) przyjęto zasadę maksymalnej minimalizacji ilości odpadów na każdym etapie realizacji. Działania te ukierunkowane są na:

- ograniczenie masy odpadów,
- zmniejszenie różnorodności frakcji wymagających utylizacji,
- zwiększenie poziomu recyklingu i ponownego użycia,
- redukcję kosztów zagospodarowania odpadów,
- minimalizację negatywnego wpływu na środowisko w całym cyklu życia budynków.

3.1. Optymalizacja projektu budowlanego

- Zastosowanie **prefabrykowanych elementów żelbetowych** (stropy, schody, nadproża) ogranicza ilość docinek i konieczność deskowań.
- **Modułowy układ konstrukcyjny** zmniejsza ryzyko powstawania odpadów niewymiarowych i eliminuje błędy wykonawcze typowe dla robót tradycyjnych.
- Ograniczenie „mokrych robót” (betonowanie, tynki tradycyjne) ogranicza ryzyko poprawek i rozbiórek częściowych.
- Projektowanie z myślą o przyszłym **demontażu i ponownym użyciu materiałów** – m.in. stolarka w systemach rozłącznych, sucha zabudowa GK, modułowe instalacje.

3.2. Optymalizacja dostaw materiałów

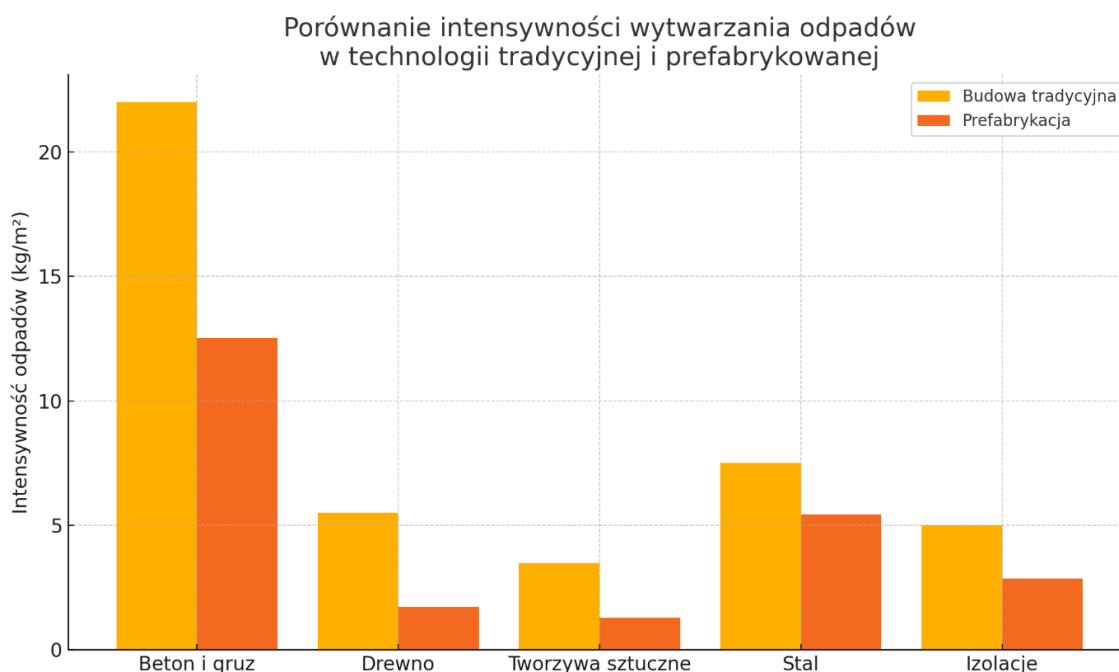
- **System just-in-time** – dostawy zsynchronizowane z harmonogramem montażu, co minimalizuje magazynowanie i ryzyko uszkodzeń.
- Stosowanie **opakowań zwrotnych** i ograniczenie palet jednorazowych – przy transporcie stolarki, urządzeń instalacyjnych i prefabrykatów.
- Redukcja odpadów transportowych poprzez **opakowania zbiorcze, folie wielokrotnego użytku i zabezpieczenia modułowe**.

3.3. Organizacja placu budowy

- Wydzielone **strefy segregacji odpadów** z kontenerami opisanymi wg kodów odpadów.
- Odpowiednie zabezpieczenie materiałów przed zawilgoceniem i uszkodzeniami mechanicznymi (plandeki, kontenery).
- **Monitoring odpadów w systemie BDO**, co umożliwia bieżące korekty dostaw i lepsze zarządzanie frakcjami odpadowymi.

3.4. Minimalizacja odpadów w cyklu życia budynku

- Stosowanie **materiałów o wysokiej trwałości i odporności na czynniki atmosferyczne**, co ogranicza konieczność wymian i remontów.
- Wdrożenie rozwiązań energooszczędnych: **pompy ciepła powietrze–woda** oraz **instalacje fotowoltaiczne o łącznej mocy 68,3 kWp** (średnio ok. 6,83 kWp na budynek). Ogranicza to zużycie materiałów eksploatacyjnych i emisję CO₂ w okresie użytkowania.
- Projektowanie systemów umożliwiających **łatwy demontaż i recykling** (sucha zabudowa, modułowe instalacje, systemowe mocowania PV).



4. SYSTEM SEGREGACJI I SKŁADOWANIA ODPADÓW

W celu zapewnienia zgodności z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) oraz minimalizacji negatywnego wpływu inwestycji na środowisko, na terenie budowy w Inowłodzu zostanie wdrożony zintegrowany system selektywnej segregacji i kontrolowanego składowania odpadów budowlanych. System ten obejmuje wyodrębnienie stref magazynowania, precyzyjną segregację frakcji oraz pełną ewidencję ilościową w systemie BDO, co pozwoli osiągnąć poziom odzysku i recyklingu powyżej 70% masy wytworzonych odpadów.

4.1. Organizacja miejsc składowania odpadów

- Na placu budowy zostaną wyznaczone **wydzielone strefy składowania** dla każdej frakcji odpadu, z zabezpieczeniem przed deszczem i wiatrem.
- Odpady będą gromadzone w **dedykowanych kontenerach, boksach lub workach typu Big-Bag**, oznaczonych kodem i nazwą frakcji.
- Strefy składowania zostaną umieszczone w **bezpiecznej odległości od dróg dojazdowych i placów manewrowych**, aby ograniczyć rozprzestrzenianie się odpadów i zapewnić bezpieczeństwo.
- Materiały pyłące (np. docinki styropianu, wełny mineralnej) będą magazynowane w **zamykanych kontenerach lub pod zadaszeniem**, co ograniczy ryzyko emisji pyłów.

4.2. Metody segregacji odpadów

- **Segregacja u źródła** – pracownicy będą odkładać odpady bezpośrednio w miejscu ich powstawania do odpowiednich pojemników.
- Każda frakcja odpadu zostanie oznaczona zgodnie z **kolorystyką kontenerów i tablicami opisowymi** (kod odpadu, krótki opis w języku polskim).
- **Drobne odpady opakowaniowe i izolacyjne** będą zbierane do worków Big-Bag, a następnie okresowo przenoszone do kontenerów zbiorczych.
- **Odpady niebezpieczne** (opakowania po farbach, klejach, świetlówki, resztki chemii budowlanej) będą magazynowane w **wydzielonym i oznakowanym miejscu**, zgodnie z wymaganiami bezpieczeństwa i BDO.

4.3. System kontroli i dokumentacji

- Wyznaczony zostanie **kierownik gospodarki odpadami**, odpowiedzialny za prowadzenie bieżącej ewidencji w systemie BDO.
- Raz w miesiącu sporządzany będzie **raport wewnętrzny**, obejmujący poziom segregacji, ilość odzyskanych materiałów i ocenę efektywności systemu.
- Każdy transport odpadów zostanie potwierdzony **Kartą Przekazania Odpadu (KPO)** i przekazany wyłącznie uprawnionym odbiorcom.
- **Audyt wewnętrzny systemu segregacji** będzie prowadzony dwukrotnie: przy 50% i 100% realizacji inwestycji, aby potwierdzić osiągnięcie wymaganego wskaźnika odzysku.

Schemat segregacji i zagospodarowania frakcji odpadów budowlanych



5. TRANSPORT I UTYLIZACJA ODPADÓW

Proces transportu i zagospodarowania odpadów budowlanych w ramach inwestycji w Inowłodzu będzie realizowany w sposób zgodny z przepisami prawa krajowego, zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) oraz wymogami systemu BDO. Kluczowym celem jest maksymalizacja odzysku i recyklingu odpadów oraz pełna zgodność z zasadą **DNSH (Do No Significant Harm)**.

5.1. Organizacja transportu odpadów

- Transport będzie realizowany w powiązaniu z harmonogramem robót, w systemie **ciągłego usuwania frakcji odpadowych**, aby uniknąć ich nadmiernego gromadzenia i wtórnego zanieczyszczania terenu.
- Do przewozu będą dopuszczone wyłącznie firmy posiadające **zezwoleńia na transport odpadów oraz wpis do rejestru BDO**. Każdy podmiot zostanie zweryfikowany pod kątem dokumentów formalno-prawnych.
- Każdy transport zostanie oznakowany etykietą zawierającą **kod odpadu, masę, identyfikator BDO oraz dane odbiorcy**.
- Odpady niebezpieczne (np. resztki farb, opakowania po chemii budowlanej) będą transportowane w **szczelnych i zabezpieczonych pojemnikach** zgodnie z przepisami ADR.
- Harmonogram odbioru odpadów będzie planowany tak, aby:
 - nie dopuszczać do nadmiernego gromadzenia odpadów,
 - dostosować terminy do dostępności instalacji recyklingowych,
 - zapewnić wysoki poziom odzysku materiałowego i energetycznego.

5.2. Docelowe miejsca zagospodarowania odpadów

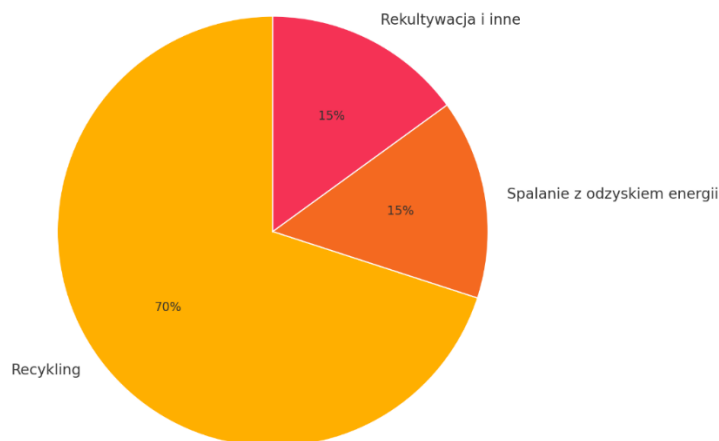
Rodzaj odpadu	Sposób zagospodarowania	Przykładowy odbiorca*
Gruz betonowy, cegły, elementy murowe	Recykling na kruszywo budowlane	Zakład recyklingu kruszyw
Drewno	Odzysk energetyczny lub recykling	Instalacja biomasy / zakład recyklingu drewna
Tworzywa sztuczne (folie, opakowania)	Recykling materiałowy	Zakład przetwarzania PVC/PE
Metale (stal, żelazo)	100% recykling	Skład złomu / huta stali
Gleba z wykopów	Rekultywacja lub zasypki technologiczne	Zakład zagospodarowania gruntu
Izolacje (wełna, styropian)	Przetwarzanie materiałowe	Zakład odzysku odpadów izolacyjnych
Mieszane odpady z zapraw i klejów	Recykling lub składowanie zgodne z przepisami	Instalacja odzysku / składowisko
Papa, izolacje bitumiczne	Przetwarzanie specjalistyczne	Instalacja odzysku odpadów bitumicznych
Stolarka budowlana	Ponowne użycie lub recykling	Zakład recyklingu stolarki

*Odbiorcy będą każdorazowo wybierani spośród podmiotów posiadających decyzje administracyjne (zezwolenia środowiskowe, wpis do BDO, pozwolenia zintegrowane).

5.3. Dokumentacja transportowa i kontrola utylizacji

- Każdy transport będzie rejestrowany w systemie **BDO** i potwierdzony **Kartą Przekazania Odpadu (KPO)**.
- Wykonawca zobowiązany jest do:
 - prowadzenia bieżącej ewidencji ilości i rodzajów odpadów,
 - dokumentowania rzeczywistego zagospodarowania każdej frakcji,
 - przygotowywania comiesięcznych raportów dla inwestora.
- **Kierownik gospodarki odpadami** będzie nadzorował procesy obejmujące:
 - kontrolę częstotliwości odbiorów,
 - weryfikację stanu i oznakowania pojemników,
 - sprawdzanie poprawności wpisów w BDO,
 - nadzór nad transportem odpadów niebezpiecznych zgodnie z ADR.

Udział procentowy sposobów zagospodarowania odpadów budowlanych



6. POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI NIEBEZPIECZNYMI

Na etapie planowania inwestycji w Inowłodzu nie przewiduje się powstawania dużych ilości odpadów niebezpiecznych. Z doświadczenia podobnych realizacji wiadomo jednak, że mogą one wystąpić w ograniczonym zakresie podczas:

- prac wykończeniowych (malarskich, montażowych),
- instalacyjnych (elektrycznych, sanitarnych),
- ewentualnych robót rozbiórkowych istniejących elementów.

W związku z tym zostanie wdrożony system **wczesnej identyfikacji, selektywnego zbierania i bezpiecznego przekazywania odpadów niebezpiecznych**, którego główne cele to:

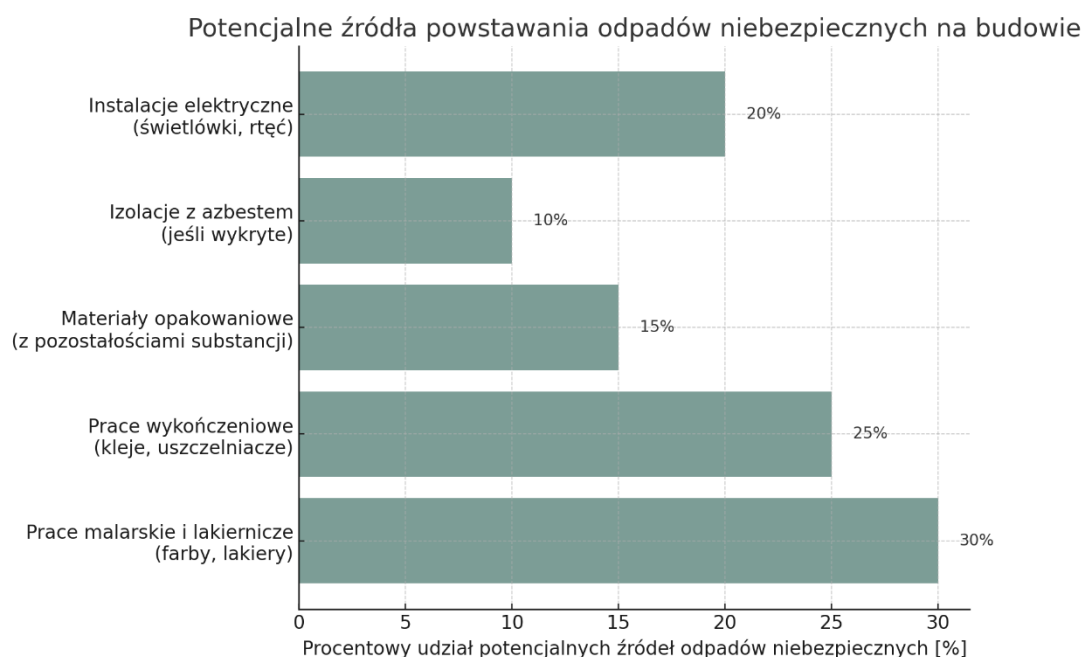
- minimalizacja ryzyka skażenia środowiska,
- ochrona zdrowia pracowników i mieszkańców,
- pełna zgodność z wymogami prawnymi i zasadą DNSH.

6.1. Rodzaje potencjalnych odpadów niebezpiecznych

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Źródło powstawania	Metoda zagospodarowania
08 01 11*	Odpady farb i lakierów zawierających substancje niebezpieczne	Malowanie ścian, stolarki i elementów wykończeniowych	Przekazanie do specjalistycznej instalacji unieszkodliwiania
08 04 09*	Kleje i uszczelniacze zawierające substancje niebezpieczne	Prace wykończeniowe (montaż okładzin, stolarki, izolacji)	Utylizacja w zakładach spełniających normy ochrony środowiska
15 01 10*	Opakowania z pozostałościami substancji niebezpiecznych	Puszki po farbach, klejach, środkach chemicznych	Odbiór przez wyspecjalizowaną firmę z wpisem do BDO
17 06 01*	Odpady izolacyjne zawierające azbest	Ewentualne ujawnienie w istniejących fragmentach infrastruktury	Usuwanie przez firmy z uprawnieniami do prac z azbestem

Kod odpadu	Rodzaj odpadu	Źródło powstawania	Metoda zagospodarowania
20 01 21*	Światłówki i inne odpady zawierające rtęć	Montaż i wymiana źródeł światła, elementów instalacji elektrycznych	Przekazanie do zakładu przetwarzania odpadów niebezpiecznych

Oznaczenie „” wskazuje na odpady wymagające szczególnego postępowania zgodnie z ustawą o odpadach i przepisami ADR.



6.2 Zasady postępowania z odpadami niebezpiecznymi

- **Magazynowanie:** Odpady niebezpieczne będą przechowywane w wyznaczonych, zamkniętych i oznakowanych miejscach, z dala od innych odpadów i materiałów budowlanych, aby zapobiec ich skażeniu.
- **Oznakowanie i rejestracja:** Każda partia odpadów będzie oznaczona zgodnie z systemem BDO, a jej przekazanie będzie dokumentowane kompletną dokumentacją przewozową, spełniającą wymagania przepisów ADR (w przypadku transportu).
- **Przekazanie do utylizacji:** Odpady niebezpieczne będą przekazywane wyłącznie podmiotom posiadającym odpowiednie zezwolenia na ich transport i unieszkodliwianie.
- **Kontrola i monitoring:** Na etapie realizacji inwestycji prowadzone będą regularne kontrole ilości i jakości odpadów niebezpiecznych, by zapewnić zgodność z obowiązującymi normami i zapobiec niekontrolowanemu skażeniu.
- **Szkolenia personelu:** Wszystkie osoby pracujące na budowie będą przeszkolone w zakresie identyfikacji odpadów niebezpiecznych oraz zasad postępowania z nimi.

Procedura postępowania z odpadami niebezpiecznymi na budowie



7. WSKAŹNIKI RECYKLINGU I RAPORTOWANIE

Efektywne gospodarowanie odpadami na budowie w Inowłodzu będzie oparte nie tylko na segregacji i właściwym przekazywaniu odpadów do odbiorców, ale również na **ciągłym monitoringu, raportowaniu i analizie skuteczności działań**. Dzięki temu inwestycja zapewni zgodność z wymaganiami **KPO, Taksonomii UE i zasadą DNSH**, a także przejrzystość procesów środowiskowych.

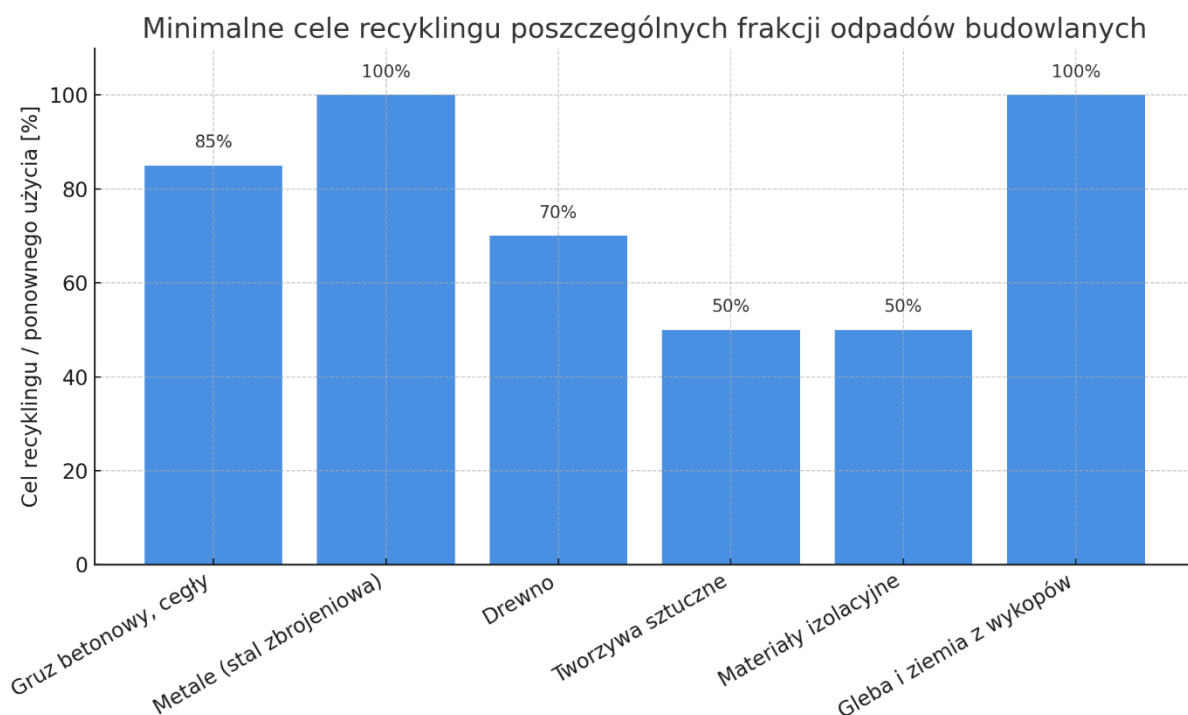
7.1. Metody monitorowania i kontroli

- **System BDO** – każda partia odpadów będzie wprowadzana do elektronicznego rejestru, co umożliwi bieżące śledzenie ilości, rodzaju i sposobu ich zagospodarowania.
- **Miesięczne raporty środowiskowe** – wykonawca przygotowuje zestawienia obejmujące:
 - masę odpadów wg frakcji,
 - procentowy udział recyklingu, odzysku i unieszkodliwienia,
 - stopień realizacji celów GOZ.
- **Audyt zgodności** – inwestor przeprowadzi okresowe kontrole, obejmujące wizytacje na placu budowy, analizę raportów i dokumentacji BDO, weryfikację ewidencji KPO.
- **Działania korygujące** – w przypadku stwierdzenia niezgodności zostaną wdrożone środki naprawcze, np. zmiana organizacji segregacji, korekta harmonogramu odbiorów, dodatkowe szkolenia pracowników.

7.2. Kluczowe wskaźniki recyklingu

Rodzaj odpadu	Cel recyklingu / ponownego użycia (%)	Sposób realizacji
Gruz betonowy, cegły	min. 85% – kruszywo budowlane	Przekazanie do zakładów recyklingu kruszyw
Metale (stal zbrojeniowa)	100% – pełny recykling	Skup złomu / huty stali
Drewno	min. 70% – ponowne użycie lub biomasa	Odzysk energetyczny i recykling materiałowy
Tworzywa sztuczne	min. 50% – recykling materiałowy	Zakłady przetwarzania PVC/PE
Materiały izolacyjne (wełna, styropian)	min. 50% – przetwarzanie materiałowe	Zakłady odzysku izolacji
Gleba i ziemia z wykopów	100% – rekultywacja terenu	Zasyпки, kształtowanie terenu

Cele te odpowiadają **najlepszym praktykom branżowym** oraz wytycznym **Protokołu UE w sprawie gospodarowania odpadami budowlanymi i rozbiórkowymi**.



7.3 Procedury raportowania i kontroli

- Raporty będą przekazywane inwestorowi w ustalonych terminach, w formacie umożliwiającym łatwą analizę oraz archiwizację.
- Po zakończeniu budowy sporządzony zostanie **końcowy raport podsumowujący** gospodarkę odpadami, z wyszczególnieniem osiągniętych poziomów recyklingu i odzysku.
- Na podstawie dokumentacji oraz przeprowadzonych audytów inwestor dokona oceny zgodności działań z zasadą DNSH oraz przepisami KPO.
- W razie potrzeby raporty będą udostępniane odpowiednim organom nadzoru oraz instytucjom finansującym inwestycję.

8. PODSUMOWANIE

Plan zarządzania odpadami budowlanymi dla inwestycji pn. „**Budowa zespołu dziesięciu budynków jednorodzinnych dwulokalowych w zabudowie szeregowej w Inowłodzu**” został opracowany w oparciu o dokumentację projektową oraz analizy środowiskowe, z zachowaniem zasad **Do No Significant Harm (DNSH)** i wymogów **Krajowego Planu Odbudowy (KPO)**.

Kluczowe założenia i wnioski:

- **Minimalizacja ilości odpadów** – poprzez zastosowanie prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych, modułowych wymiarów, optymalizacji dostaw (system just-in-time) oraz właściwej organizacji placu budowy.
- **Wysoki poziom segregacji i składowania selektywnego** – każdy rodzaj odpadu będzie gromadzony w dedykowanych pojemnikach, boksach lub big-bagach, co umożliwi dalszy recykling i odzysk.
- **Zgodność z przepisami prawa** – pełna ewidencja w systemie **BDO**, potwierdzana Kartami Przekazania Odpadu (KPO), cykliczne raporty środowiskowe oraz audyty zgodności z normami krajowymi i unijnymi.
- **Osiągnięcie wskaźnika recyklingu min. 70% masy odpadów**, zgodnie z celem **Protokołu UE w sprawie gospodarowania odpadami budowlanymi i rozbiórkowymi**.
- **Bezpieczne gospodarowanie odpadami niebezpiecznymi** – identyfikacja, selekcja, kontrolowane magazynowanie oraz przekazywanie wyłącznie do wyspecjalizowanych instalacji zgodnych z ADR.
- **Stály monitoring i raportowanie** – rejestracja odpadów w BDO, comiesięczne zestawienia, raport końcowy po zakończeniu budowy oraz możliwość bieżącego wdrażania działań korygujących.
- **Zgodność z gospodarką o obiegu zamkniętym (GOZ)** – zapewniająca efektywne wykorzystanie materiałów, maksymalizację recyklingu i minimalizację wpływu inwestycji na środowisko.