



**PLGBC**  
Polskie Stowarzyszenie  
Budownictwa Ekologicznego

# **RAPORT**

## **ANALIZA ŚLADU WĘGLOWEGO WYBRANYCH MATERIAŁÓW ŚCIAN MUROWANYCH**

OPRACOWANIE

POLSKIE STOWARZYSZENIE BUDOWNICTWA EKOLOGICZNEGO PLGBC

GLIWICE, LISTOPAD 2025

## WPROWADZENIE

Budownictwo jest jednym z kluczowych sektorów wpisujących się w strategię bezpieczeństwa energetycznego i dekarbonizacji. To właśnie budynki odpowiadają za największą część zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub>, dlatego ich modernizacja i wznoszenie w standardach niskoemisyjnych oznacza mniejsze zapotrzebowanie na energię, a więc większą niezależność od niestabilnych rynków energii, szczególnie ropy i gazu, które są silnie uzależnione od czynników geopolitycznych i kryzysów.

Jednocześnie budynki stanowią podstawę infrastruktury społecznej (mieszkania, szkoły, szpitale), dlatego ich odporność energetyczna i klimatyczna to kwestia bezpieczeństwa obywateli. Niskoemisyjne i energooszczędne budownictwo chroni przed ubóstwem energetycznym, wpływa pozytywnie na zdrowie i komfort mieszkańców, a także zmniejsza ryzyka związane ze zmianami klimatu. Co więcej, budynki mogą pełnić rolę aktywnych elementów systemu energetycznego, integrując odnawialne źródła i magazyny energii oraz inteligentne systemy zarządzania, przyspieszając tym samym transformację energetyczną. W tym sensie sektor budownictwa nie tylko odpowiada na kryzys klimatyczny, ale staje się też narzędziem budowania suwerenności i odporności.

Budownictwo to strategiczny element bezpieczeństwa energetycznego i klimatycznego, ponieważ odpowiada za blisko 38% globalnych emisji CO<sub>2</sub> – zarówno poprzez zużycie energii w fazie użytkowania budynków (emisje operacyjne), jak i poprzez emisje związane z materiałami i procesem budowy (emisje wbudowane). Ograniczanie emisji operacyjnych oznacza poprawę efektywności energetycznej, szersze wykorzystanie odnawialnych źródeł i inteligentne zarządzanie energią. To bezpośrednio zmniejsza zależność od paliw kopalnych, stabilizuje koszty energii i zwiększa odporność gospodarek na kryzysy surowcowe.

Poprzez wybór niskoemisyjnych materiałów, recykling i ponowne wykorzystanie zasobów, wpisujące się w strategię gospodarki o obiegu zamkniętym, ogranicza się emisje wbudowane, których udział w całkowitym śladzie węglowym budynków wzrasta wraz z ograniczaniem emisji operacyjnych. Dlatego dekarbonizacja sektora budowlanego w obu aspektach – operacyjnego i wbudowanego śladu węglowego – staje się nie tylko odpowiedzią na kryzys klimatyczny, ale też warunkiem budowania suwerenności energetycznej i długoterminowego bezpieczeństwa społeczno-gospodarczego.

Wizja całkowitej dekarbonizacji zasobów budowlanych do 2050 r. wykracza poza kwestię operacyjnych emisji gazów cieplarnianych, na której skupiano się do tej pory. Należy mieć na uwadze, że budynki są ważnym bankiem materiałów, w których przez wiele dziesięcioleci deponuje się zasoby, a sposób ich projektowania ma duży wpływ na emisje w całym cyklu życia, zarówno w budynkach nowych, jak i poddawanych renowacji. Trzeba zatem stopniowo uwzględniać emisje w całym cyklu życia budynków, zaczynając od budynków nowo projektowanych, w których łatwiej jest uwzględnić wbudowany ślad węglowy.

Charakterystyka całego cyklu życia budynków powinna być brana pod uwagę również w obiektach poddawanych renowacji, jako element polityki redukcji emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia. Minimalizowanie emisji gazów cieplarnianych w tak długim okresie wymaga

oszczędności zasobów oraz wdrażania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym. Współczynnik globalnego ocieplenia w całym cyklu życia wskazuje na ogólny wkład budynku w emisje prowadzące do zmian klimatu. Wyraża on zarówno emisje dwutlenku węgla wbudowane w materiały budowlane, jak i bezpośrednie i pośrednie emisje dwutlenku węgla na etapie użytkowania.

Analiza śladu węglowego jest również niezbędna do spełnienia nowych wymogów regulacyjnych. Zaktualizowana dyrektywa EPBD, unijna taksonomia zrównoważonych finansów czy system Level(s) wprowadzają obowiązek oceny emisji w cyklu życia dla coraz większej liczby budynków. Oznacza to, że liczenie śladu węglowego staje się podstawą zarówno projektowania, jak i finansowania inwestycji. Coraz więcej krajów członkowskich wprowadza ponadto krajowe limity emisji wbudowanych, obejmujące fazy A1–A3 oraz pozostałe moduły cyklu życia, co dodatkowo podnosi wagę wczesnych analiz LCA.

Wraz z postępowaniem w efektywności energetycznej rośnie znaczenie emisji wbudowanych — związanych z produkcją materiałów, ich transportem, budową oraz końcem życia obiektu. W nowych, energooszczędnych czy zeroemisyjnych budynkach to właśnie te emisje mogą stanowić 40–70% całkowitego wpływu na klimat. Liczenie śladu węglowego pozwala na identyfikację najbardziej emisyjnych elementów projektu, porównywanie wariantów materiałowych i konstrukcyjnych oraz wybór rozwiązań o mniejszym oddziaływaniu środowiskowym.

Wprowadzenie obowiązkowej lub dobrowolnej sprawozdawczości dotyczącej emisji zwiększa także transparentność rynku materiałów budowlanych i motywuje producentów do inwestowania w technologie niskoemisyjne. Wiąże się to z rosnącą rolą deklaracji środowiskowych EPD, które stanowią podstawowe źródło danych do obliczeń LCA budynków. Dostęp do porównywalnych informacji ułatwia inwestorom, projektantom i wykonawcom podejmowanie decyzji zgodnych z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym i strategią „Net Zero”.

Ostatecznie, redukcja śladu węglowego budynków przyczynia się nie tylko do ograniczenia emisji i łagodzenia skutków zmiany klimatu, ale również do poprawy jakości życia użytkowników poprzez obniżenie zużycia energii, redukcję kosztów eksploatacyjnych oraz zwiększenie odporności obiektów na ekstremalne warunki pogodowe. Dlatego pomiar i raportowanie śladu węglowego stają się fundamentem nowoczesnego, odpowiedzialnego budownictwa.

## ŚLAD WĘGLOWY W PROJEKTOWANIU BUDYNKÓW

Dostosowanie sektora budowlanego i nieruchomości do celów neutralności klimatycznej opiera się na dostępności i przejrzystości danych operacyjnych oraz emisji CO<sub>2</sub> w całej branży. Nowe regulacje UE wprowadzają obowiązek oceny emisji dwutlenku węgla w całym cyklu życia budynków, co ma przyspieszyć gromadzenie i analizę danych. Dzięki temu możliwe będzie określenie źródeł i skali emisji oraz wyznaczenie wartości bazowych dla budynków. Stopniowe zaostrzanie celów pomoże skierować sektor w stronę niemal zerowej emisji, zapewniając jasne wytyczne dotyczące redukcji CO<sub>2</sub>.

Całkowity ślad węglowy budynku opisany przez wskaźnik potencjału globalnego ocieplenia (ang. GWP – Global Warming Potential), wyrażony w kilogramach ekwiwalentu dwutlenku węgla (kg CO<sub>2</sub>e) określa się przeprowadzając analizę cyklu życia (ang. LCA – Life Cycle Assessment) budynku. Na całkowity ślad węglowy budynku składają się emisje operacyjne (związane z użytkowaniem budynku) oraz emisje wbudowane (związane z pozyskiwaniem surowców, produkcją materiałów budowlanych, transportem materiałów, procesami budowlanymi, utrzymaniem i modernizacją oraz końcem życia budynku – rozbiórką, przewożeniem odpadów i ich utylizacją).

Dotychczasowe analizy wskazują, że największym źródłem emisji wbudowanego śladu węglowego jest produkcja materiałów/wyrobów budowlanych. Choć ogólne trendy są spójne, różnice w praktykach budowlanych, intensywności emisji czy metodyki oceny sprawiają, że konkretne wartości różnią się pomiędzy krajami.

Aby skutecznie ograniczyć emisje w sektorze budowlanym, należy brać pod uwagę wszystkie ich źródła na każdym etapie życia budynku. Kluczowe jest jednocześnie **zwiększanie efektywności energetycznej oraz ograniczanie emisji wynikających z wykorzystania materiałów i procesów konstrukcyjnych**.

W ostatnich dwudziestu latach udało się znacząco zmniejszyć emisje CO<sub>2</sub> w budownictwie dzięki poprawie efektywności energetycznej i wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii. Jednak osiągnięcie neutralności klimatycznej wymaga dalszego wzmocnienia działań zmierzających do redukcji śladu węglowego budynków. Podejmowane są działania zarówno w odniesieniu do nowych jak i istniejących budynków. W strategii "Fala renowacji", będącej częścią Europejskiego Zielonego Ładu, Komisja Europejska podkreśla konieczność przyjęcia "myślenia opartego na cyklu życia i obiegu zamkniętym".

**Szereg polityk UE już teraz odnosi się do podaży materiałów niskoemisyjnych.**

Aktualizacja dyrektywy EPBD z maja 2024 r. stanowi kluczowe narzędzie polityki UE, mające na celu dekarbonizację zasobów budowlanych w Europie. Wprowadza ona ramy pomiaru i redukcji emisji określanych za pomocą GWP w cyklu życia, oparte na wspólnych normach oraz unijnych metodach obliczeniowych.

**Od 2028 r. państwa członkowskie będą zobowiązane do wyliczania i publikowania współczynnika globalnego ocieplenia (GWP) dla nowych budynków o powierzchni użytkowej przekraczającej 1000 m<sup>2</sup>, a od 2030 r. – dla wszystkich nowo powstających obiektów, przy wykorzystaniu świadectwa charakterystyki energetycznej (ŚCHE).**

W celu wyeliminowania niespójności konieczne jest pozyskanie informacji na temat operacyjnych emisji generowanych przez budynki, a także dane o wbudowanym śladzie węglowym, zarówno w trakcie wznoszenia budynków, jak i w czasie ich użytkowania. Aby to osiągnąć regulacje w poszczególnych krajach europejskich muszą jasno określić metodykę obliczeń całkowitego śladu węglowego w całym cyklu życia budynku, nałożyć obowiązek gromadzenia danych, raportowania, przeprowadzania analiz porównawczych i w efekcie wprowadzić limity emisji w ramach odpowiednich modułów normy PN-EN 15978. Proces obliczeniowy, w tym dobór danych i scenariuszy, oceniane elementy budynku oraz wyposażenie techniczne muszą spełniać wymagania zgodnie kryterium oceny emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia, jakim jest współczynnik globalnego ocieplenia (GWP) wg Level(s).

Ocena cyklu życia (LCA) jest jedną z bardziej rozwijających się metod wykorzystywanych w ocenie oddziaływania na środowisko. Stwarza ona podstawy do identyfikacji, hierarchizacji oraz ustalenia sposobów na poprawę jakości środowiska. W kontekście budynków i wyrobów budowlanych najistotniejsze są normy: PN-EN 15978 związana z metodą oceny środowiskowej budynku oraz PN-EN 15804 związana z metodą oceny środowiskowej wyrobów budowlanych.

Rozporządzenie w sprawie wyrobów budowlanych (ang. CPR - Construction Products Regulation) to kluczowy akt prawny mający na celu zapewnienie sprawnie funkcjonującego rynku wyrobów budowlanych w Unii Europejskiej. Nowa wersja CPR (oznaczana też jako CPR2, Rozporządzenie 2024/3110) została opublikowana w Dzienniku Urzędowym UE 18 grudnia 2024 r. i obowiązuje od 7 stycznia 2025 r. **Warto zaznaczyć jednak, że czeka nas wyjątkowo długi okres przejściowy wdrażania rozporządzenia, trwający do 7 stycznia 2040 roku.** W tym czasie sukcesywnie i po kolei mają zostać znowelizowane zgodnie z Rozporządzeniem zharmonizowane specyfikacje techniczne dla grup wyrobów ujętych w Załączniku VII tegoż Rozporządzenia. Głównym zadaniem CPR jest ustanowienie jednolitych metod oceny, które gwarantują wiarygodne informacje o właściwościach użytkowych wyrobów budowlanych, zarówno pod względem podstawowych wymagań technicznych, jak i kluczowych aspektów środowiskowych. Dzięki temu CPR odgrywa istotną rolę w ograniczaniu śladu węglowego materiałów budowlanych, wpływając na ich ocenę na etapie produkcji. CPR nie określa standardów projektowania produktów, ale zapewnia jednolite informacje oraz metody oceny ich właściwości użytkowych, bazując na ośmiu kategoriach podstawowych wymagań.

W celu objęcia wszystkich grup wyrobów budowlanych zharmonizowanymi metodami oceny oraz zaktualizowanymi charakterystykami środowiskowymi, wdrożono tzw. proces CPR Acquis. Jest to zestaw obowiązujących regulacji, norm i standardów, który etapowo wprowadza wymagania dla poszczególnych grup wyrobów, wykorzystując okres przejściowy na ich implementację. Po raz pierwszy CPR wprowadza obowiązek ujawniania danych o śladzie węglowym wyrobów budowlanych. Producent będzie musiał raportować wskaźniki GWP obejmujące: całkowity ślad węglowy, emisje z paliw kopalnych, emisje biogenne oraz emisje związane ze zmianą użytkowania gruntów. Z czasem zakres raportowania zostanie poszerzony o dodatkowe wskaźniki

środowiskowe (np. zubożenie warstwy ozonowej, zakwaszenie, wykorzystanie zasobów). Producenci będą zobowiązani do dostarczania informacji o produktach za pośrednictwem cyfrowego paszportu produktu (ang. DPP - Digital Product Passport), który może pomóc w śledzeniu materiałów, wdrażaniu rozwiązań w zakresie GOZ oraz umożliwi integrację z narzędziami LCA.

Z punktu widzenia ujednoczenia sposobu deklarowania właściwości środowiskowych wyrobów budowlanych bardzo istotna jest norma PN-EN 15804, która definiuje także zasady prowadzenia analizy LCA dla tych wyrobów. Zgodnie z tą normą deklaracja środowiskowa III typu (ang. EPD - Environmental Product Declaration) dostarcza ilościowych informacji środowiskowych o wyrobach budowlanych w poszczególnych fazach ich cyklu życia tzw. dane specyficzne. EPD jest dokumentem szczegółowo opisującym oddziaływanie produktu na środowisko podczas jego całego cyklu życia. Nie jest to typowy certyfikat, ale świadectwo oceny oddziaływania produktu na środowisko na poszczególnych etapach jego wytwarzania: od pozyskania materiałów, przez etap produkcji, transport, montaż, użytkowanie, aż do utylizacji i recyklingu. Celem deklaracji środowiskowej jest zapewnienie podstawy do oceny wyrobów budowlanych oraz umożliwienie identyfikacji tych, które mają mniejszy wpływ na środowisko. Deklaracje środowiskowe wyrobów stanowią składowy element oceny budynków zgodnie z normą PN-EN 15978. Produkty z deklaracją EPD są wykorzystywane podczas budowy obiektów, dla których uzyskiwane są certyfikaty zrównoważonego budownictwa (systemy BREEAM, DGNB, LEED, ZIELONY DOM i inne).

Praktyczne wykorzystanie normy EN 15804 wykazało, że istnieje w niej wiele obszarów, które są różnie interpretowane przez jednostki wydające deklaracje środowiskowe w Europie. Różnice w deklaracjach mogą być powodowane przez takie czynniki, jak: wybór, jakość i dostępność danych, szczegóły i założenia metodyczne, scenariusze użytkowania, postępowanie z modułem D (recykling), wykluczenia niektórych etapów cyklu życia z EPD.

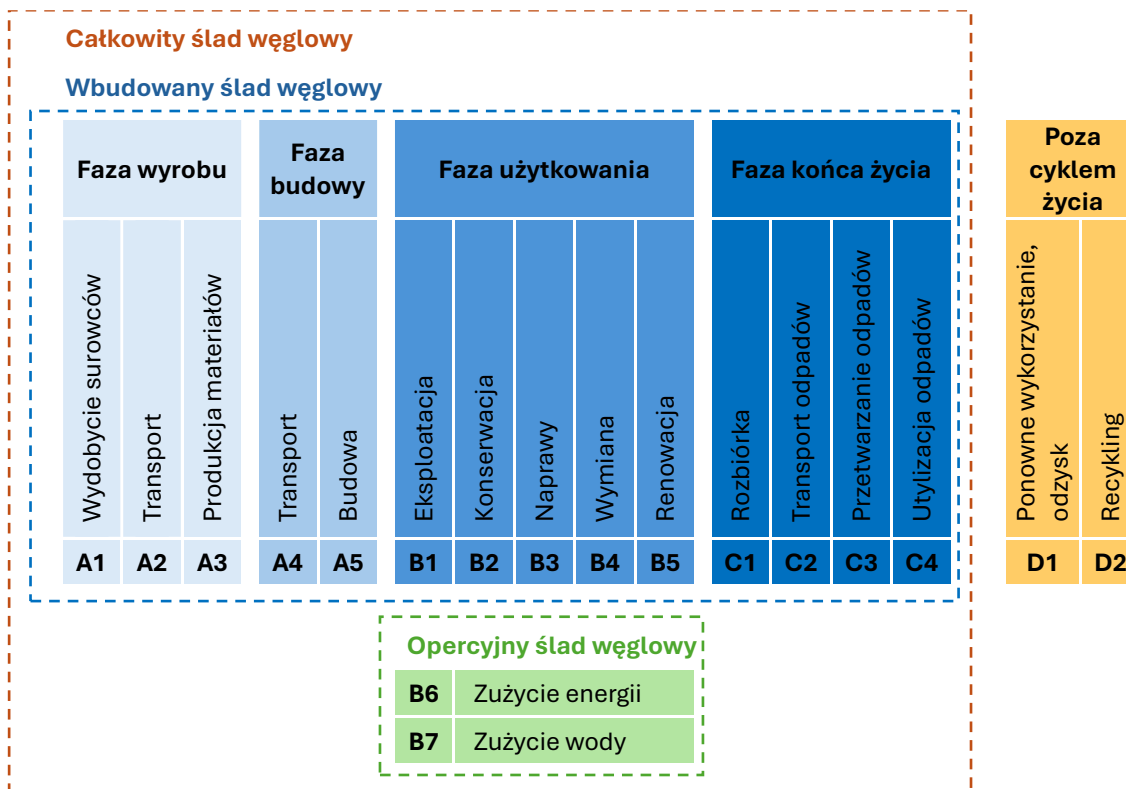
	Dane specyficzne	Dane generyczne
<b>Definicja</b>	Dane odnoszące się do konkretnego wyrobu budowlanego, konkretnego producenta i technologii produkcji.	Dane uśrednione, reprezentatywne dla określonego typu materiału lub produktu dostępnego na rynku, a nie dla konkretnego producenta.
<b>Źródło</b>	Deklaracje środowiskowe typu III (EPD – Environmental Product Declaration), pomiary w zakładach produkcyjnych, dane z faktur, pomiary emisji.	Tworzone na podstawie analiz wielu wyrobów w danej kategorii, baz danych LCI (Life Cycle Inventory), raportów branżowych, literatury naukowej.
<b>Charakterystyka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dokładne, zweryfikowane, zgodne z normami (np. PN-EN 15804).</li> <li>– Uwzględniają rzeczywiste procesy, lokalne źródła energii, transport, technologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mają charakter orientacyjny, służą do wstępnych analiz i porównań.</li> <li>– Nie odzwierciedlają indywidualnych technologii produkcji ani lokalnych warunków.</li> </ul>

Proces obliczeniowy całkowitego śladu węglowego budynku, w tym dobór danych i scenariuszy, musi być zgodny z normą EN 15978, który realizowany jest przy wykorzystaniu analizy LCA, według której emisje gazów cieplarnianych oblicza się dla różnych faz cyklu życia budynku.

Wyróżnia się przeważnie 17-18 faz podzielonych na cztery główne moduły - A, B, C i D, szczegółowo przedstawione na rysunku 1.

- **Faza wyrobu (A1-A3)**
- Faza budowy (A4-A5)
- Faza użytkowania (B1-B7)
- Faza końca życia (C1-C4)
- Faza poza cyklem życia budynku (D lub czasami D1-D2).

**Faza wyrobu obejmuje moduły A1 (wydobycie surowców), A2 (ich transport do zakładu produkcji) oraz A3 (produkcję wyrobów).** Kolejne moduły powiązane bezpośrednio z procesem budowy to A4 (transport wyrobów na plac budowy) oraz A5 (proces budowy). W obrębie fazy użytkowania określono moduły cyklu życia odnoszące się do trwałych komponentów budynku takie jak B1 (użytkowanie), B2 (konserwacja), B3 (naprawy), B4 (wymiany), B5 (renowacje), a także moduły związane z doprowadzonymi do budynku mediami, czyli B6 (zużycie energii) oraz B7 (zużycie wody). Cztery moduły powiązane z fazą końca życia to C1 (rozbiórka/ wyburzenie), C2 (transport gruzu i odpadów), C3 (przetworzenie odpadów) i C4 (utyliczacja lub składowanie odpadów). Analiza może obejmować także etap D, w którym uwzględnia się wszelkie emisje gazów cieplarnianych (lub ich redukcje), które występują poza cyklem życia rozpatrywanego obiektu, a które mogą być powiązane z możliwością ponownego wykorzystania komponentów budynku w nowym obiekcie, lub poddaniem ich recyklingowi.



Rysunek 1. Fazy cyklu życia budynku w podziale na moduły zgodnie z normą EN 15978.

Definiując zakres analiz LCA warto zwrócić uwagę na fakt, iż żywotność budynków wyrażana jest przeważnie w dekadach, a w przypadku niektórych obiektów monumentalnych może sięgnąć wieków. Na potrzeby przeprowadzanych obecnie szacunków śladu węglowego budynków przyjmuje się ich żywotność przeważnie na poziomie 50 lub 60 lat. Oznacza to, że przeprowadzając ocenę cyklu życia w celu oszacowania wbudowanego śladu węglowego dla budynku projektowanego **można oprzeć się na aktualnych danych dotyczących produkcji wyrobów wykorzystanych do jego budowy**, jednak następnie należy poczynić szereg założeń odnośnie użytkowania obiektu na przestrzeni kolejnych dekad oraz założyć scenariusz końca życia adekwatny do realiów drugiej połowy XXI wieku. Wskazanie okresu branego pod uwagę w analizie LCA jest jednym z wielu założeń, które ma fundamentalne przełożenie na wyniki całkowitego śladu węglowego budynku.

W celu zapewnienia porównywalności wyników ocen cyklu życia budynków w obliczeniach przeprowadzanych od etapu projektu budowlanego, należy korzystać **z deklaracji EPD, zgodnych normą PN-EN 15804** oraz, w przypadku braku dostępności EPD, ze **zweryfikowanych danych uśrednionych (generycznych)**.

### **Deklaracja EPD**

Deklaracja środowiskowa produktu (EPD) powstaje na podstawie analizy cyklu życia (LCA) zgodnie z normą EN 15804 i ISO 14025. Proces zaczyna się od określenia zasad kategoryzacji produktu (PCR), które definiują, jak należy liczyć wpływy środowiskowe dla danej grupy materiałów. Producent zbiera szczegółowe dane z zakładu – zużycie energii, surowców, transport, odpady oraz emisje – zazwyczaj z okresu 12 miesięcy. Następnie specjalista LCA modeluje produkt w oprogramowaniu (np. SimaPro, OpenLCA, OneClick LCA), obliczając jego wpływ na środowisko w poszczególnych modułach cyklu życia, przede wszystkim w A1–A3, które obejmują produkcję i są kluczowe dla śladu węglowego materiału. Na tej podstawie przygotowany jest raport EPD zawierający opis produktu, granice systemu, metodykę, dane wejściowe i wyniki LCA. Dokument przechodzi obowiązkową weryfikację zewnętrzną, podczas której akredytowany ekspert potwierdza poprawność i zgodność z PCR (Product Category Rules - Zasady Kategorii Produktowej – czyli zestaw szczegółowych wytycznych określających jak należy przygotować deklarację środowiskową (EPD) dla konkretnego typu wyrobu. Po akceptacji deklaracja jest publikowana w jednym z uznanych programów (np. Environdec, IBU, ITB, EPD Norway) i staje się dokumentem publicznym, ważnym zazwyczaj przez pięć lat.

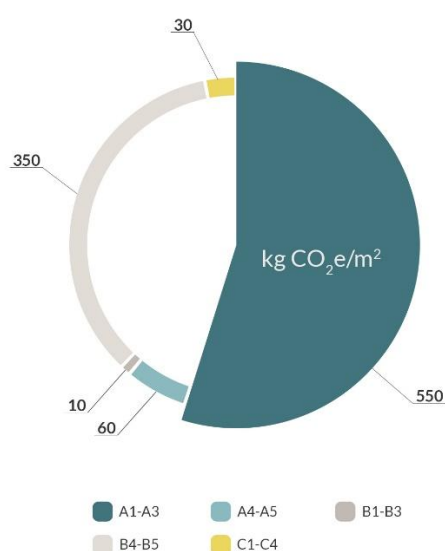
Należy pamiętać jednak, aby deklaracje były aktualne – na pierwszej stronie powinna znajdować się data weryfikacji oraz termin ważności dokumentu. Dodatkowo należy zwrócić uwagę czy deklaracje są oparte o analizy w oparciu o normę **PN EN 15804+A1** czy **PN-EN 15804+A2**, ponieważ różniły się one zakresem obowiązkowych modułów:

- **A1: Wymagał tylko wyników analiz dla modułów A1–A3 (Cradle-to-Gate), a moduły C1–C4 (koniec życia) i D (potencjał odzysku/recyklingu) były opcjonalne.**
- **A2: Obowiązkowo należy uwzględnić moduły C1–C4 oraz moduł D, co oznacza pełniejsze spojrzenie na cykl życia i aspekty cyrkularności.**

Dane generyczne stosuje się wyłącznie w zakresie modułów A1–A3, co wynika bezpośrednio z **aneksów A1 i A2 do normy EN 15804**, które definiują wymagania jakościowe i scenariuszowe dla danych LCA. Dodatki te rozdzielają procesy produkcyjne (można uśrednić i stosować dane generyczne) od procesów zależnych od projektu (A4–D), które muszą być obliczane na podstawie danych specyficznych lub scenariuszy PCR. Te same zasady potwierdzają platformy gromadzące deklaracje EPD (ECO Platform, Environdec), ośrodki weryfikujące, PCR dla wyrobów budowlanych oraz praktyka ITB.

Jeżeli na etapie projektu znany jest konkretny wyrób, który znajdzie zastosowanie w realizacji inwestycji, warto skorzystać z danych dotyczących emisji dwutlenku węgla specyficznych dla danego produktu zawartych w deklaracji EPD, dostarczających szczegółowych informacji o wpływie materiału lub produktu na środowisko, w tym informację o **współczynnikach emisji dwutlenku węgla w fazach A1-A3**. Informacje z EPD można również wykorzystać do określenia, które produkty powinny być stosowane w celu spełnienia oczekiwanych założeń.

Deklaracje EPD można znaleźć na stronach internetowych producentów wyrobów oraz instytucji zajmujących się ich opracowywaniem i rozpowszechnianiem, np.: Instytut Techniki Budowlanej ITB, ECO Platform czy ÖKOBAUDAT. Warto zwrócić uwagę, że każda deklaracja EPD sporządzona dla danego wyrobu budowlanego opracowana jest na podstawie miksu energetycznego kraju, w którym dany wyrób został wyprodukowany.



Rysunek 2. Przykładowy udział wbudowanego śladu węglowego w różnych fazach cyklu życia budynku - na podstawie "[Szacowanie śladu węglowego budynków. Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do roku 2050](#)".

Ślad węglowy wbudowany obejmuje szereg różnych źródeł emisji rozłożonych na kilkanaście faz w całym cyklu życia budynku, przez co na jego wartość wpływ ma wiele czynników i założeń. Jednak u jego podstaw leży przede wszystkim to z jakich materiałów budynek został wzniesiony. Przykładowe wyniki dla typowego budynku, którego wbudowany ślad węglowy wynosi 900 kg CO<sub>2</sub>e w przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> powierzchni całkowitej przedstawiono na rysunku 2.

Dostępne w różnego rodzaju opracowaniach wyniki analiz, a także przeprowadzone autorskie analizy pokazały, że największy, **bo przekraczający 50% udział we wbudowanym śladzie węglowym mają fazy A1-A3**, natomiast fazy B4 i B5 stanowią ok. 35-40% wbudowanego śladu węglowego.

Rola projektanta w ograniczaniu emisji wbudowanych i operacyjnych w budynku jest fundamentalna, ponieważ to właśnie na etapie projektowania zapadają decyzje, które determinują wpływ obiektu na środowisko przez cały jego cykl życia. Projektant ma możliwość kształtowania zarówno materiałów użytych do budowy, jak i sposobu funkcjonowania budynku w fazie eksploatacji.

W zakresie emisji wbudowanych projektant odpowiada przede wszystkim za dobór materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych. Wybór materiałów o niskim śladzie węglowym, takich jak drewno certyfikowane, beton niskoemisyjny czy stal z recyklingu, znacząco redukuje emisje związane z produkcją i transportem. Istotne jest również stosowanie analiz cyklu życia (LCA), które pozwalają ocenić wpływ poszczególnych komponentów na środowisko. Projektant może ograniczać ilość materiałów poprzez optymalizację konstrukcji, stosowanie prefabrykacji oraz projektowanie modułowe, co zmniejsza ilość odpadów. Ważnym aspektem jest także projektowanie z myślą o demontażu i ponownym wykorzystaniu elementów, wspierając tym samym gospodarkę o obiegu zamkniętym.

Jeśli chodzi o emisje operacyjne, projektant ma kluczowy wpływ na efektywność energetyczną budynku. Odpowiednie ukształtowanie bryły, orientacja względem stron świata, wykorzystanie naturalnego światła i wentylacji to podstawowe działania, które zmniejszają zapotrzebowanie na energię. Projektant powinien dążyć do wysokiej izolacyjności przegród, eliminacji mostków termicznych oraz integracji odnawialnych źródeł energii, takich jak instalacje fotowoltaiczne czy pompy ciepła. Istotne jest również uwzględnienie inteligentnych systemów zarządzania energią, które optymalizują pracę instalacji HVAC i oświetlenia. Dodatkowo projektowanie instalacji umożliwiających odzysk wody szarej oraz wybór energooszczędnych urządzeń wpływa na redukcję zużycia zasobów w całym cyklu życia budynku.

Kluczowym elementem jest holistyczne podejście do procesu projektowego. Projektant powinien współpracować z innymi branżami, aby zintegrować rozwiązania minimalizujące emisje na każdym etapie. Największy wpływ na redukcję śladu węglowego mają decyzje podejmowane już w fazie koncepcji, dlatego warto stosować analizy i symulacje na wczesnym etapie.

Wdrażanie standardów i czy systemów certyfikacji, takich jak ZIELONY DOM, LEED, BREEAM czy DGNB, dodatkowo wspiera proces projektowania w kierunku zrównoważonego rozwoju.



## FoCA PLATFORMA EDUKACYJNO - OBLICZENIOWA

Ocena wpływu budynku na środowisko wymaga dostępu do rozbudowanych baz danych, które najczęściej są płatne oraz korzystania ze skomplikowanych narzędzi obliczeniowych – również w większości przypadków komercyjnych. Dla początkujących specjalistów ich obsługa bywa trudna i czasochłonna, co znacząco utrudnia projektowanie budynków o ograniczonym oddziaływaniu na środowisko. W odpowiedzi na te wyzwania powstało pierwsze polskie narzędzie dostosowane do polskich realiów, **umożliwiające szacowanie śladu węglowego budynku w zakresie modułów A1–A3 cyklu życia: [platforma edukacyjno-obliczeniowa FoCA](#).**

Platforma składa się z czterech modułów: edukacja, baza materiałów, porównanie materiałów i analiza budynku. **Sercem narzędzia jest opracowana baza danych generycznych o emisjach dla 140 materiałów budowlanych** (elementów konstrukcyjnych). Platforma FoCA umożliwia analizowanie szerokiego zakresu materiałów budowlanych dostępnych na polskim rynku. Lista materiałów obejmuje elementy nośne, stropy, ściany zewnętrzne, podłogi, ściany działowe, stolarkę, tynki i wykończenia, materiały wypełniające, izolacje termiczne, izolacje przeciwwodne, izolacje akustyczne oraz pokrycia dachowe.

Platforma jest całkowicie darmowym narzędziem, dzięki któremu można:

- poszerzyć wiedzę z zakresu zrównoważonego budownictwa, w szerokiej sekcji edukacyjnej,
- korzystać z bazy dostępnych materiałów i porównywać je pod kątem wpływu na środowisko,
- zarejestrować się na platformie i **oszacować ślad węglowy projektów budowlanych w zakresie faz A1-A3,**
- tworzyć bardziej zrównoważone projekty budowlane,
- przygotować się do obowiązkowego od 2030 r. raportowania w zakresie emisji dwutlenku węgla w całym cyklu życia dla nowych budynków zgodnie z Dyrektywą EPBD,
- wspierać dekarbonizację budownictwa w Polsce i przyczynić się do osiągnięcia neutralności klimatycznej.

Platforma edukacyjno-obliczeniowa FoCA powstała w ramach projektu FoCA - Free of Carbon Architecture, który realizowany był przez Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego PLGBC w konsorcjum z Instytutem Techniki Budowlanej, Politechniką Wrocławską i jednostkami badawczo-naukowymi z Turcji. Projekt jest dofinansowany z budżetu państwa przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach 33. konkursu Inicjatywy CORNET (COLlective REsearch NETworking).

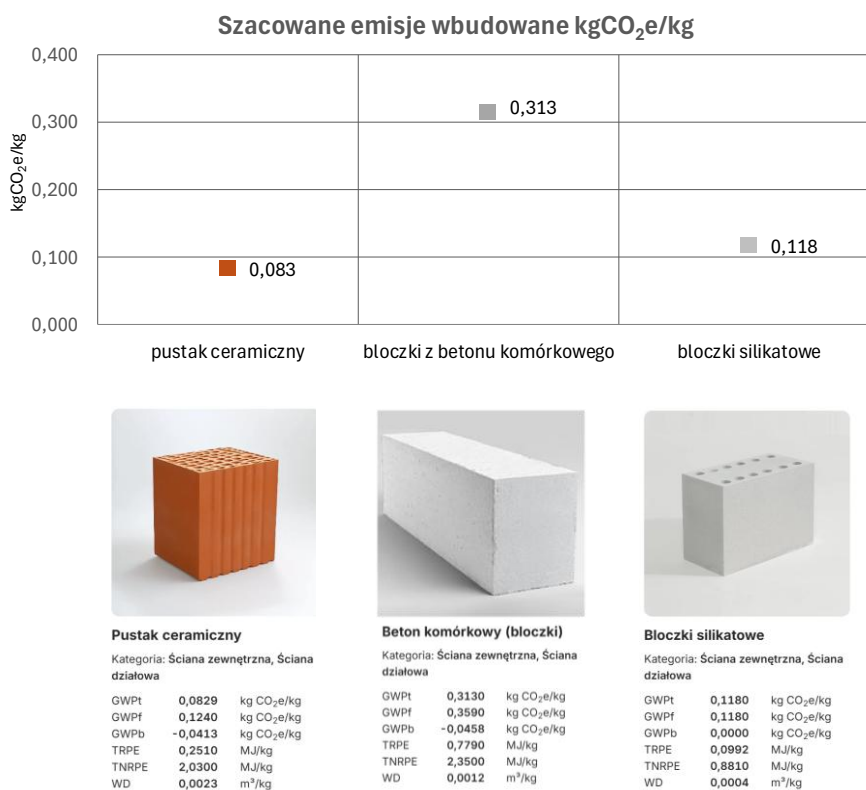


## PORÓWNANIE ŚLADU WĘGLOWEGO TYPOWYCH ŚCIAN MUROWANYCH

Do analizy porównawczej śladu węglowego typowych ścian murowanych wybrano pustaki ceramiczne, bloczki betonu komórkowego oraz bloczki silikatowe. Do analiz wykorzystano dane generyczne znajdujące się na platformie FoCA. Zaprezentowane wyniki oszacowano na podstawie danych generycznych zawartych na platformie FoCA w dniu sporządzania raportu (PLGBC zastrzega sobie możliwość aktualizacji tych danych, jeśli w danej grupie produktowej dostępna będzie większa ilość deklaracji EPD typu III). Dane generyczne na platformie FoCA zawierają informacje o 6 wskaźnikach oddziaływania materiałów na środowisko:

- **GWPt całkowity potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (całkowity ślad węglowy),**
- **GWPf** potencjał tworzenia efektu cieplarnianego wynikający z emisji związanych ze spalaniem paliw kopalnych,
- **GWPb** potencjał tworzenia efektu cieplarnianego związany z emisjami i pochłanianiem węgla w materiałach biogenicznych (np. drewno),
- **TRPE** całkowite zużycie odnawialnej energii pierwotnej w analizowanym cyklu życia,
- **TNRPE** całkowite zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej (paliwa kopalne, energia jądrowa),
- **WD** potencjał zużycia wody (deprywacja zasobów wodnych).


Dane o emisjach wbudowanych w fazie wyrobu (dane generyczne) dla analizowanych przegród, przedstawiono je na rysunku 3.




Rysunek 3. Szacowane emisje wbudowane dla fazy wyrobu A1-A3, w  $\text{kgCO}_2/\text{kg}$

W tabeli 1 zestawiono wybrane wyroby budowlane i przedstawiono ich właściwości oraz wyniki obliczeń śladu węglowego **GWPt dla 1m<sup>2</sup> ściany**.


Tabela 1. Zestawienie właściwości oraz wyniki śladu węglowego GWPt dla 1m<sup>2</sup> ściany.

Pustak ceramiczny		Właściwości	
	Ciężar	700,00	kg/m <sup>3</sup>
	Grubość	<b>0,25</b>	m
	Współczynnik przewodzenia ciepła	0,19	W/mK
	Ciężar na jednostkę powierzchni	175,00	kg/m <sup>2</sup>
	Opór cieplny	1,051	m <sup>2</sup> K/W
	Norma produktu	EN 771 1+A1:2015 10	
	Norma LCA	EN 15804+A2	
	Reprezentatywność	1	

<b>GWPt</b>	<b>0,0829</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg</b>	<b>GWPt</b>	<b>14,5075</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup></b>
GWPf	0,1240	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GWPf	21,7000	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
GWPb	-0,0413	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GWPb	-7,2275	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
TRPE	0,2510	MJ/kg	TRPE	43,9250	MJ/m <sup>2</sup>
TNRPE	2,0300	MJ/kg	TNRPE	355,2500	MJ/m <sup>2</sup>
WD	0,0023	m <sup>3</sup> /kg	WD	0,3955	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

Beton komórkowy (błoczek)		Właściwości	
	Ciężar	500	kg/m <sup>3</sup>
	Grubość	<b>0,24</b>	m
	Współczynnik przewodzenia ciepła	0,18	W/mK
	Ciężar na jednostkę powierzchni	120	kg/m <sup>2</sup>
	Opór cieplny	1,33	m <sup>2</sup> K/W
	Norma produktu	EN 771-4	
	Norma LCA	EN 15804 + A2	
	Reprezentatywność	9	

<b>GWPt:</b>	<b>0,3130</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/kg</b>	<b>GWPt</b>	<b>37,5600</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup></b>
GWPb:	-0,0458	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GWPf	43,1000	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
GWPf:	0,3590	kg CO <sub>2</sub> e/kg	GWPb	-5,4900	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
TRPE:	0,7790	MJ/kg	TRPE	93,5000	MJ/m <sup>2</sup>
TNRPE:	2,3500	MJ/kg	TNRPE	282,0000	MJ/m <sup>2</sup>
WD:	0,0012	m <sup>3</sup> /kg	WD	0,1430	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

Błoczki silikatowe		Właściwości		
		Ciężar	1800	kg/m <sup>3</sup>
		Grubość	<b>0,24</b>	m
		Współczynnik przewodzenia ciepła	0,9	W/mK
		Ciężar na jednostkę powierzchni	432	kg/m <sup>2</sup>
		Opór cieplny	0,27	m <sup>2</sup> K/W
		Norma produktu	EN 771-2:2015-11	
		Norma LCA	EN 15804+A1	
		Reprezentatywność	3	
<b>GWPt</b>	<b>0,1180 kg CO<sub>2</sub>e/kg</b>	<b>GWPt</b>	<b>50,7600</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup></b>
GWPf	0,1180 kg CO <sub>2</sub> e/kg	GWPf	50,9000	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
GWPb	0,0000 kg CO <sub>2</sub> e/kg	GWPb	0,0048	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
TRPE	0,0992 MJ/kg	TRPE	42,8000	MJ/m <sup>2</sup>
TNRPE	0,8810 MJ/kg	TNRPE	380,0000	MJ/m <sup>2</sup>
WD	0,0004 m <sup>3</sup> /kg	WD	0,1650	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione w tabeli nr 1 wyniki szacowania emisji wbudowanych dla 1 m<sup>2</sup> przegrody wynoszą odpowiednio:

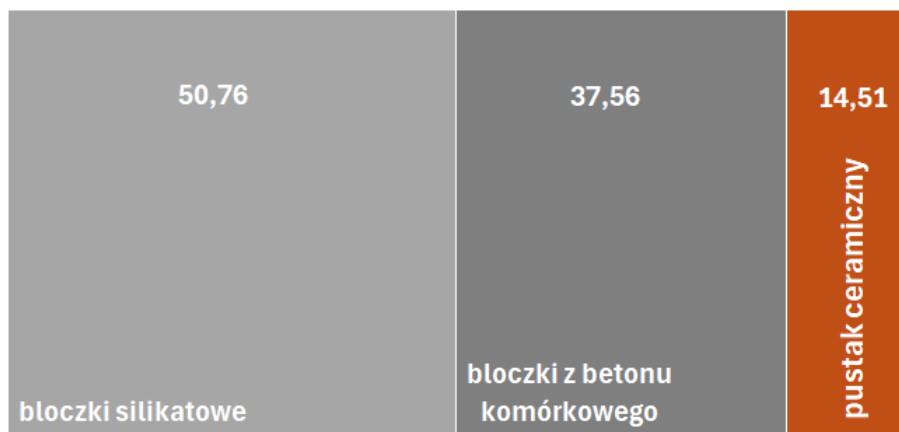
- przegroda z pustaka ceramicznego (d=25 cm) - **GWPt 14,51 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>**
- przegroda z bloczków betonu komórkowego (d=24 cm) - **GWPt 37,56 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>**
- przegroda z bloczków silikatowych (d=24 cm) - **GWPt 50,76 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>**

Należy zaznaczyć, że w **przypadku przegrody z pustaka ceramicznego wyniki odnoszą się do grubości 25 cm**, podczas gdy przegrody z betonu komórkowego i bloczków silikatowych wynoszą 24 cm – dla takich grubości ITB opracował dane generyczne o emisjach danego wyrobu budowlanego opracowanych w ramach projektu FoCA.

Powyższe wyniki można przyjąć jako reprezentatywne, oparte na danych generycznych, zarówno dla przegród zewnętrznych nośnych, wewnętrznych i działowych. **Najniższe wartości szacowania emisji wbudowanych w fazie A1-A3 uzyskuje przegroda z pustaka ceramicznego na poziomie GWPt 14,51 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>.**

**Wartości emisji wbudowanych dla przegrody murowanej z betonu komórkowego o porównywalnej grubości są prawie 3-krotnie większe i prawie 4-krotnie większe dla przegrody z bloczków silikatowych.**

Porównanie szacunkowych emisji wybranych ścian murowanych  
wyrażonych w kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>



W celu urealnienia wartości emisji analizowanych typów ścian murowanych, warto oszacować emisje wbudowane dla typowego domu jednorodzinnego (pow. użytkowa ok.140 m<sup>2</sup> - parter + poddasze użytkowe) dla którego można przyjąć średnią powierzchnię ścian zewnętrznych na poziomie 200 m<sup>2</sup>. Uzyskane wyniki emisji wbudowanych w oparciu o dane generyczne podkreślają różnice w generowanych emisjach wyrobów budowlanych i wynoszą:

- przegroda z pustaka ceramicznego (d=25 cm) - **GWPt 2 902 kg CO<sub>2</sub>e**
- przegroda z bloczków betonu komórkowego (d=24 cm) - **GWPt 7 512 kg CO<sub>2</sub>e**
- przegroda z bloczków silikatowych (d=24 cm) - **GWPt 10 152 kg CO<sub>2</sub>e**

Oczywiście dla przegród zewnętrznych spełniających wymagania przepisów zawartych w *Warunkach technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (współczynnik przenikania ciepła  $U_{c(max)} = 0,2 \text{ W/(m}_2\text{K)}$ ) w obliczaniu wbudowanego śladu węglowego należy uwzględnić odpowiednią grubość izolacji.

W tabeli 2 przedstawiono dobór odpowiedniej grubości materiału izolacyjnego dla analizowanych przegród. Do analiz wybrano styropian i wełnę, a dane o emisjach wbudowanych dla tych materiałów pozyskano z bazy danych generycznych dostępnych na platformie FoCA. W obliczeniach pominięto wpływ pozostałych elementów: mocowanie, klejenie, tynki wykończeniowe.

Tabela 2. Dobór grubości izolacji dla poszczególnych typów przegród dla spełnienia WT

Rodzaj przegrody murowanej	d m	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	Minimalna grubość materiału izolacyjnego d dla przegrody zewnętrznej $U_{c(max)} = 0,2 \text{ W/(m}_2\text{K)}$	
				Styropian $\lambda=0,032 \text{ W/(mK)}$	Wełna $\lambda=0,039 \text{ W/(mK)}$
pustak ceramiczny	0,25	0,19	1,32	0,12 m	0,15 m
błoczki beton komórkowy	0,24	0,18	1,33	0,12 m	0,15 m
błoczki silikatowe	0,24	0,90	0,27	0,15 m	0,18 m

**Przegrody z pustaka ceramicznego i bloczków z betonu komórkowego wymagają w zasadzie takich samych grubości warstwy izolacyjnej. Ściana murowana z bloczków silikatowych wymaga odpowiednio 3 cm więcej materiału izolacyjnego, co wiąże się nie tylko z większymi emisjami wbudowanymi, ale także wyższymi kosztami.**

W oczekiwaniu na zapisy regulacyjne w Polsce i przyjęcie jednolitej metodyki szacowania śladu węglowego w całym cyklu życia, projektanci i inwestorzy już dzisiaj powinni uwzględniać wbudowany ślad węglowy w swoich inwestycjach. Liczenie i optymalizacja śladu węglowego budynków to nie tylko wymóg regulacyjny (od 2028 r. dla nowych budynków powyżej 1000 m<sup>2</sup>, a od 2030 r. dla wszystkich nowych), ale także szansa na obniżenie kosztów eksploatacji, zwiększenie wartości rynkowej obiektu oraz poprawę wizerunku firmy. Wdrażanie rekomendowanych działań pozwala projektantom i inwestorom aktywnie uczestniczyć w transformacji w kierunku gospodarki niskoemisyjnej.

## REKOMENDACJE DLA PROJEKTANTÓW I INWESTORÓW

### **Wprowadzenie obowiązku analizy śladu węglowego**

Projektanci i inwestorzy powinni traktować obliczanie śladu węglowego jako integralną część procesu projektowego – od fazy koncepcji po realizację. Analiza LCA (Life Cycle Assessment) powinna obejmować zarówno emisje wbudowane (materiały, transport, proces budowy), jak i operacyjne (eksploatacja budynku). Wczesne uwzględnienie tych danych pozwala na świadome podejmowanie decyzji projektowych.

### **Ustalanie celów redukcji emisji**

Już na etapie planowania należy określić cele redukcji emisji zgodne z polityką klimatyczną (np. Fit for 55, EPBD). Cele te powinny być mierzalne i weryfikowalne, np. maksymalny dopuszczalny ślad węglowy na m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej. Inwestorzy powinni wymagać od projektantów raportów z analizą śladu węglowego i porównaniem różnych wariantów projektowych.

### **Optymalizacja materiałowa**

Projektanci powinni wybierać materiały o niskim śladzie węglowym, korzystając z baz danych EPD (Environmental Product Declaration). Zaleca się stosowanie rozwiązań umożliwiających redukcję ilości materiałów, takich jak prefabrykacja, projektowanie modułowe czy konstrukcje zoptymalizowane pod kątem masy. Inwestorzy powinni preferować dostawców oferujących produkty z recyklingu i certyfikowane pod względem emisji.

### **Projektowanie pod kątem efektywności energetycznej**

Minimalizacja emisji operacyjnych wymaga projektowania budynków o wysokiej efektywności energetycznej, z wykorzystaniem OZE i inteligentnych systemów zarządzania energią. Projektanci powinni stosować symulacje energetyczne już na etapie koncepcji, aby zoptymalizować bryłę, izolacyjność i systemy instalacyjne. Inwestorzy powinni uwzględniać w budżecie rozwiązania, które zmniejszają koszty eksploatacji i emisje w długim okresie.

### **Transparentność i certyfikacja**

Rekomenduje się wdrażanie standardów i certyfikacji (np. ZIELONY DOM, LEED, BREEAM, DGNB), które wymagają raportowania emisji i stosowania najlepszych praktyk. Inwestorzy powinni wymagać od projektantów dokumentacji potwierdzającej zgodność z tymi standardami, co zwiększa wartość rynkową budynku i jego atrakcyjność dla najemców.

### **Edukacja i współpraca**

Projektanci i inwestorzy powinni inwestować w szkolenia dotyczące metod obliczania śladu węglowego i strategii jego redukcji. Kluczowa jest współpraca wszystkich uczestników procesu – architektów, inżynierów, dostawców i wykonawców – aby osiągnąć optymalny efekt w całym cyklu życia budynku.

Źródła:

1. Level(s) European framework for sustainable buildings. Dostęp: [https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/levels\\_en?prefLang=pl](https://green-forum.ec.europa.eu/green-business/levels_en?prefLang=pl)
2. PLGBC (2022) Szacowanie śladu węglowego budynków. Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do roku 2050. Dostęp: <https://cms.plgbc.org.pl/wp-content/uploads/2024/03/Szacowanie-sladu-weglowego-budynkow-1.pdf>
3. PLGBC (2025) Ślad węglowy budynków pod lupą: od diagnozy do działania. Dostęp: <https://plgbc.org.pl/dokumenty/SLAD-WEGLOWY-BUDYNKU-POD-LUPA>
4. PN-EN 15804 Zrównoważoność obiektów budowlanych. Deklaracje środowiskowe wyrobów. Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych
5. PN-EN 15804+A2:2020-03 Zrównoważenie obiektów budowlanych - Deklaracje środowiskowe wyrobu - Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych
6. PN-EN 15978:2012 Zrównoważone obiekty budowlane – Ocena środowiskowych właściwości użytkowych budynków – Metoda obliczania