

mgr inż. Krzysztof Niemiec¹⁾
mgr inż. Wojciech Rogala^{2)*}

Ocena emisji CO₂e w cyklu życia wyrobów i obiektów budowlanych

Cele unijne zakładają osiągnięcie neutralności klimatycznej w całej gospodarce UE najpóźniej do 2050 r. oraz redukcję emisji netto gazów cieplarnianych do 2030 r. o co najmniej 55% w porównaniu z poziomami z 1990 r. [1]. W związku z tym, że budynki odpowiadają za 40% zużycia energii końcowej w Unii i za 36% unijnej emisji gazów cieplarnianych związanych z energią [2], realizacja celów klimatycznych UE zależy w znacznym stopniu od redukcji emisji w tym obszarze.

Na emisję związaną z obiektami budowlanymi składają się: emisja operacyjna, powstająca w trakcie eksploatacji obiektów (głównie ogrzewanie) oraz emisja wbudowana, związana z wytworzeniem produktów i obiektów budowlanych. Większość stanowi emisja operacyjna, dlatego dotychczas zostało podjętych wiele działań mających na celu redukcję zużycia energii przez nowe budynki. Powstały też programy wsparcia termomodernizacji istniejących obiektów, które mają większy wpływ na poziom emisji niż nowe. Kolejne etapy redukcji zużycia energii przez budynki określone są w nowej dyrektywie EPBD

Tabela 1. Etapy cyklu życia wyrobu

Etap produktu			Etap procesu budowy		Etap użytkowania							Etap końca cyklu życia				Korzyści i obciążenia poza granicami systemu
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	
Wydobycie i zaopatrzenie w surowce	transport	produkcja	transport na plac budowy	montaż	użytkowanie	konserwacja	naprawa	wymiana	renowacja	zużycie energii podczas użytkowania	zużycie wody podczas użytkowania	rozbiórka, wyburzenie	transport	przetwarzanie odpadów	utylicacja	potencjał ponownego użycia, odzysku, recyklingu

w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [2]. Pierwszy etap zakłada m.in. termomodernizację do 1.01.2030 r. 16% budynków o najniższej klasyfikacji energetycznej oraz redukcję o 16% zużycia energii w budynkach mieszkalnych w porównaniu z 2020 r. O ile nowa dyrektywa EPBD wprowadza łagodniejszą

definicję bezemisyjności (redukcja zużycia energii o 10% względem aktualnych wymagań), to jednak określa również obowiązek wprowadzenia granicznych wartości całkowitego skumulowanego śladu węglowego w cyklu życia w przypadku wszystkich nowych budynków od 2030 r. Oznacza to konieczność oceny wpływu budynku na środowisko nie tylko pod kątem emisji operacyjnej, ale także wbudowanej. Wszystkie nowe budynki będą objęte koniecznością oceny wpływu na środowisko (GWP) w całym cyklu życia LCA (ang. *Life Cycle Assessment*), zgodnie z normą EN 15978, obliczoną w referencyjnym okresie pięćdziesięciu lat.

Współczynnik globalnego ocieplenia GWP (ang. *Global Warming Potential*), to główny wskaźnik używany do oceny wpływu na środowisko. Pozwala porównać wpływ różnych gazów cieplarnianych przez sprowadzenie ich do ekwiwalentu dwutlenku węgla (CO₂e). Cykl życia wyrobu dzielony jest na kilka modułów obejmujących różne etapy, od wydobycia surowców, aż do utylizacji wyrobu. Moduły te zgrupowane są w czterech głównych etapach (tabela 1) obejmujące:

- 1) **etap produkcji** (A1-A3) – wydobywanie surowców do produkcji, ich transport oraz procesy produkcyjne;
- 2) **etap procesu budowy** (A4-A5) – transport na plac budowy oraz wbudowanie produktu;
- 3) **etap użytkowania** (B1-B7) – użytkowanie, konserwacja, naprawa, wymiana, renowacja oraz zużycie energii i wody podczas użytkowania obiektu;
- 4) **etap końca cyklu życia** (C1-C4) – wyburzenie/demontaż, transport, przetworzenie odpadów oraz utylizacja.

Zarówno kalkulacja śladu węglowego budynków, jak i porównywanie wpływu na środowisko różnych produktów o podobnym zastosowaniu powinno się odbywać jedynie przez uwzględnienie pełnego cyklu ich życia, co wynika z aktów prawnych UE. Porównywanie wybranych etapów cyklu życia produktu (np. tylko zakresu produkcji A1-A3) może doprowadzić do niewłaściwych wniosków, co prezentują tabele 2 i 3. Istotne jest także porównanie wszystkich składowych danego elementu budowlanego, koniecznych do przedstawienia równoważnego projektowo rozwiązania.

Na ślad węglowy danego elementu budowlanego (np. przegrody) istotny wpływ ma przyjęty układ warstw oraz ich założona trwałość. Materiały o dużej trwałości w cyklu życia stają się więc bardziej zrównoważone, nawet jeśli ich wytworzenie wiąże się z dużą emisją. Elementy o mniejszej trwałości będą wymagały wymiany lub naprawy w trakcie cyklu życia budynku, co powiększa ślad węglowy, np. drewniane konstrukcje szkieletowe mają ujemny ślad węglowy na etapie produkcji, ponieważ w trakcie produkcji drewna po-

chłaniany jest dwutlenek węgla. Ze względu na inne warstwy przegrody oraz ich ograniczoną trwałość, podczas użytkowania obiektu może być konieczna wymiana warstwy izolacyjnej (przyjmuje się cykl życia ok. 30 lat) oraz przeprowadzanie regularnej impregnacji w celu ograniczenia negatywnego wpływu wilgoci czy owadów na przegrodę. W efekcie w cyklu życia ślad węglowy całej przegrody nie jest ujemny, a w zależności od przyjętych sposobów impregnacji może w skrajnym przypadku

¹⁾ Xella Polska Sp. z o.o.

²⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Łądowej

^{*)} Adres do korespondencji:
Wojciech.Rogala@xella.com

Tabela 2. Emisja materiałów ściennych w podziale na etapy cyklu życia [kg CO₂e/m²]

Materiały ściennie	A1-A3	B1	B4	C3	C4	A1-A3	A1-C4	Gęstość w EPD [kg/m ³]	Realna gęstość [kg/m ³]	Uwagi
Beton komórkowy 36,5 cm	56,6	-24,2	0	0,3	1,6	56,6	34,3	298	298	–
Beton komórkowy 24 cm	40,8	-18,3	0	0,4	1,8	40,8	24,7	502	375 – 575	nieliniowa zależność CO ₂ e od gęstości
Pustak ceramiczny 25 cm	24,9	0	0	1,01	0,0	23,4	24,4	575	ok. 800	realna gęstość większa → większa emisja CO ₂ e
Błoczek silikatowy 18 cm	40,8	-15,4	0	0,8	0,4	40,8	26,7	2000	ok. 1500	realna gęstość mniejsza → mniejsza emisja CO ₂ e
Drewno 18 cm	-23,4	0,0	0	26,2	0,0	-23,4	2,9	–	–	–
Drewno + wełna	-13,0	–	0	26,4	0,1	-13,0	13,5	–	–	–

Tabela 3. Emisja przegród w podziale na etapy cyklu życia [kg CO₂e/m²]

Konstrukcja przegrody	Wykończenie		A1-A3	B1	B4	C3	C4	A1-A3	A1-C4
	zewewnętrzne	wewnętrzne							
Beton komórkowy 36,5	tynk	tynk	65,1	-24,2	7,6	2,0	-1,2	65,1	50,8
Beton komórkowy 24 cm	EPS 15 cm	tynk	57,2	-18,3	24,4	11,1	-10,3	57,2	74,8
Pustak ceramiczny 25 cm	EPS 18 cm	tynk	42,0	0,0	27,8	11,2	-11,7	42,0	81,9
Błoczek silikatowy 18 cm	EPS 20 cm	tynk	59,9	-15,4	30,0	12,7	-12,9	59,9	88,0
Drewno	wełna + OSB	plyta g-k	-9,2	0,0	40,5	52,7	0,6	-9,2	84,5

przewyższyc nawet ślad węglowy przegród murowanych.

Autoklawizowany beton komórkowy (ABK) znany jest z niewielkiego wpływu na środowisko. Do wytworzenia 1 m³ gotowego produktu potrzeba zwykle zaledwie 300 – 600 kg surowców pierwotnych. Emisja w cyklu życia wyrobu związana jest przede wszystkim z dwoma głównymi surowcami użytymi do produkcji (cement i wapno), które odpowiadają za ok. 74% łącznej emisji na etapie A1-A5. Proces produkcyjny odpowiada natomiast zaledwie za ok. 13% emisji [3]. Produkcja betonu komórkowego o małej gęstości wiąże się z mniejszą emisją. Dzięki dużej trwałości ABK (150 lat na podstawie Europejskiej Mapy Drogowej [3]), materiał ten nie wymaga wymiany w cyklu życia. W przypadku, gdy jest zastosowany jako przegroda bez ocieplenia, wymiany nie wymagają także inne warstwy przegrody. Z tego względu jednowarstwowe przegrody z betonu komórkowego to jedne z przegród o najmniejszym śladzie węglowym w cyklu życia.

Unikatową cechą wyrobów zawierających cement i wapno jest zdolność pochłaniania atmosferycznego dwutlenku

węgla. Produkty z autoklawizowanego betonu komórkowego mogą w całym cyklu życia pochłoniąć ok. 77 kg CO₂ na m³, przy czym 80% rekarbonizacji osiąga się po pięćdziesięciu latach, a 95% w ciągu osiemdziesięciu lat [4]. Zyski związane z rekarbonizacją uwzględniane są na etapie użytkowania – moduł B1. Badania naukowe wskazują, że rekarbonizacja zachodzi nawet w przypadku ścian otynkowanych i ocieplonych [5]. Poza oceną niepełnego cyklu życia danego elementu oraz nieuwzględnieniem całej emisji związanej z użytkowaniem (np. impregnacji), do błędnych wniosków może prowadzić również porównywanie deklaracji wydanych przez różne instytucje. Wpływ na to ma wiele czynników, m.in. baza danych przyjęta do obliczeń, przyjęty scenariusz etapu końca cyklu życia wyrobu czy obliczanie zawartości węgla biogenicznego. Do takich wniosków doszło wiele organizacji w krajach, w których produkty i obiekty są już oceniane na podstawie wbudowanego i operacyjnego śladu węglowego. Jednym z założeń nowego rozporządzenia nr 2024/3110, tzw. nowy CPR (ang. *Construction Products*

Regulation) [6] jest wprowadzenie systemu oceny i weryfikacji – system 3+, który będzie wymagał przeprowadzenia analizy cyklu życia (LCA) wyrobu uwzględniającej wszystkie etapy oraz zadeklarowania danych środowiskowych w dokumentach wymaganych do wprowadzenia produktu do obrotu. Określenie zasad kalkulacji śladu węglowego w zharmonizowanych specyfikacjach technicznych ma doprowadzić do bardziej rzetelnej oceny wpływu wyrobów budowlanych na środowisko.

W przestrzeni publicznej dyskusja skupia się przede wszystkim na emisji wbudowanej, powstającej podczas produkcji materiałów budowlanych. Wiele źródeł pomija kwestie związane z etapem użytkowania obiektu, w którym m.in. dodatkowa emisja CO₂e związana z konserwacją i wymianą elementów oraz rekarbonizacja mają kluczowy wpływ na końcową ocenę środowiskową w cyklu życia budynku. Przeprowadzanie rzetelnych analiz cyklu życia budynku (LCA), które będą uwzględniały wszystkie etapy życia, staje się kluczowe w realnej redukcji emisji i spełnienia celów klimatycznych UE.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1119 z 30 czerwca 2021 r. w sprawie ustanowienia ram na potrzeby osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmiany rozporządzeń (WE) nr 401/2009 i (UE) 2018/1999 (Europejskie prawo o klimacie).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 z 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
- [3] Net-Zero Roadmap for Autoclaved Aerated Concrete https://eaaca.org/wp-content/uploads/2022/08/EAACA_Net-Zero-Roadmap-for-AAC_2022-08-12.pdf, dostęp 20.02.2024.
- [4] Walther HB. CO₂ absorption during the use phase of autoclaved aerated concrete by re-carbonation, AAC Worldwide, nr 1, 2022.
- [5] Walther HB. Nachweis der Rückbindung von CO₂ in Kalksandstein durch Rekarbonatisierung, Bautechnik 101, H. 12, S. 737-749. <https://doi.org/10.1002/bate.202400017>.
- [6] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/3110 z 27 listopada 2024 r. w sprawie ustanowienia zharmonizowanych zasad wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylenia rozporządzenia (UE) nr 305/2011.

Partner działu:

Stowarzyszenie Producentów Betonów

www.s-p-b.pl

