

Badanie wpływu rozwiązań projektowych na wbudowany ślad węglowy na przykładzie budynku biurowego



mgr inż. arch.
ALEKSANDRA PRZYWÓZKA
Politechnika Warszawska, Szkoła Doktorska nr 5
Wydział Architektury
Architekt APA Wojciechowski sp. z o.o.
ORCID: 0000-0001-7727-1886



mgr inż. arch.
ANNA WOJCIESZEK
Architekt, BIM Manager
APA Wojciechowski sp. z o.o.
ORCID: 0000-0003-4912-7152



mgr inż.
WIKTOR KOWALSKI
Associate
BURO HAPPOLD Polska sp. z o.o.
ORCID: 0000-0003-3157-0359



mgr inż.
PAWEŁ MICHALCZUK
Structural Engineer
BURO HAPPOLD Polska sp. z o.o.
ORCID: 0000-0001-7841-1414

Zawarte w artykule studium przypadku przedstawia analizę cyklu życia budynku biurowego przeznaczonego na siedzibę firmy SYLVA DREWNO. Ocena wbudowanego śladu węglowego i porównanie alternatywnych rozwiązań projektowych budynku były kluczowym celem badania.

W artykule opartym na metodyce studium przypadku przedstawiono analizę cyklu życia budynku projektowanego z przeznaczeniem na funkcję biurową. Obliczono wbudowany ślad węglowy dla budynku docelowego oraz alternatywnych rozwiązań projektowych, a analiza wyników pozwoliła na sformułowanie i przedstawienie wniosków.

Wprowadzenie

W listopadzie 2016 roku 190 państw sygnatariuszy porozumienia paryskiego, w tym Polska, zobowiązało się do redukcji emisji gazów cieplarnianych do zera do roku 2050. Unia Europejska zapowiedziała dodatkowo ich redukcję do 2030 roku o 55% w stosunku do poziomu z 1990 roku [1]. Realizacja tego celu wymaga gruntownych zmian w sektorze budownictwa, które według raportu ONZ odpowiada za 38% światowych emisji [2]. Szacuje się, że 10% uwalniane jest podczas produkcji i transportu materiałów budowlanych oraz samej budowy (tzw. wbudowany ślad węglowy), a 28% pochodzi z zapotrzebowania obiektów na energię w trakcie ich eksploatacji (śląd operacyjny) [1]. Rozwój technologii na przestrzeni ostatnich lat pozwolił ograniczyć energochłonność budynków i umożliwić modernizację tych istniejących, natomiast niewielka uwaga była przywiązywana do redukcji wbudowanego śladu węglowego. Dobrym przykładem na to,

jak istotny jest wbudowany ślad węglowy, jest proces produkcji stosowanych powszechnie materiałów konstrukcyjnych, takich jak stal i cement. W 2017 roku z produkcji cementu zostało wyemitowanych ok. 20MtCO₂e, a z produkcji stali ok. 8MtCO₂e, co odpowiada łącznie za 31% całkowitej emisji polskiego przemysłu. Prawie 25% emisji dwutlenku węgla pochodzącej z produkcji cementu i stali to efekt procesów technologicznych i produkcji energii cieplnej potrzebnej w ww. procesach [3]. Według raportu organizacji Architecture 2030 [4] do roku 2050 wbudowany ślad węglowy będzie odpowiadał za prawie połowę emisji gazów cieplarnianych pochodzących z budownictwa. Pierwszym krokiem do jego ograniczenia powinna być właściwa identyfikacja jego źródeł.

Cel, metodologia i założenia do analizy

Celem niniejszej pracy było oszacowanie wbudowanego śladu węglowego zaprojektowanego budynku oraz sprawdzenie hipotetycznych rozwiązań projektowych umożliwiających redukcję emitowanych gazów cieplarnianych.

W oparciu o normę PN-EN 15978:2012 przeprowadzono analizę LCA (Life Cycle Assessment), obejmującą fazy A1 – A3 (ekstrakcja surowców, ich transport i wytworzenie materiałów), A4 – A5 (transport i budowa), B1 – B7 (eksploatacja, naprawy i wymiany), C1 – C4

(rozbiórka i utylizacja) oraz D (recykling). Do obliczeń posłużono się programem do analizy cyklu życia budynku One Click LCA®. Przeprowadzona analiza skupiała się na wbudowanym śladzie węglowym związanym z przepływami materiałów w cyklu życia, a zatem faza B6 związana z zapotrzebowaniem na energię budynku oraz faza B7 odnosząca się do zużycia wody zostały wyłączone z zakresu analizy. Pod uwagę wzięto też scenariusze końca życia komponentów budynku dla zobrazowania wpływu fazy D na ślad węglowy obiektu. Przedstawione podejście umożliwiło odniesienie się do skali ocen dla budynków na rynku brytyjskim, gdzie celowo zapotrzebowanie budynków na energię oraz zużycie wody jest rozpatrywane osobno. W przypadku fazy B7 nie ma bezpośredniego przełożenia zużycia wody na emisję gazów cieplarnianych i jest to osobny wskaźnik środowiskowy, który można analizować, wykorzystując metodę LCA. Emisje powiązane z fazą B6 są ściśle uzależnione od źródeł energii w danym kraju, dlatego porównując budynki między sobą pod tym kątem, lepiej posługiwać się wskaźnikiem zapotrzebowania na energię. Jest to parametr charakteryzujący obiekt budowlany niezależny w tak dużym stopniu od czynników zewnętrznych, w odróżnieniu od powiązanych z nim emisji. Dlatego emisje powiązane z fazą B6 najlepiej analizować w oderwaniu od wbudowanego śladu węglowego, który jest przedmiotem niniejszego badania.

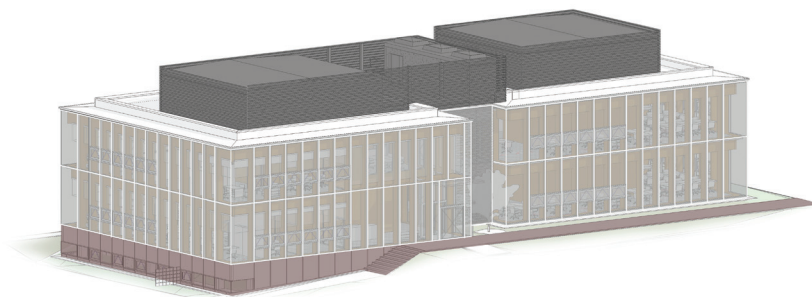
Pomimo wyłączenia fazy B6 z analizy etap eksploatacji (naprawy, wymiany i konserwacja objęte fazami B1 – B5) ma znaczące przełożenie na końcowy wynik emisji ton ekwiwalentu CO₂ (tCO₂e). Decydujące znaczenie mają w tym wypadku założenia dotyczące żywotności elementów wykończeniowych, fasady oraz systemów instalacji, które w okresie 60 lat mogą podwoić wartość początkowych emisji związanych z budową obiektu.

W oparciu o brytyjskie wytyczne RICS [5] przyjęto następujące założenia:

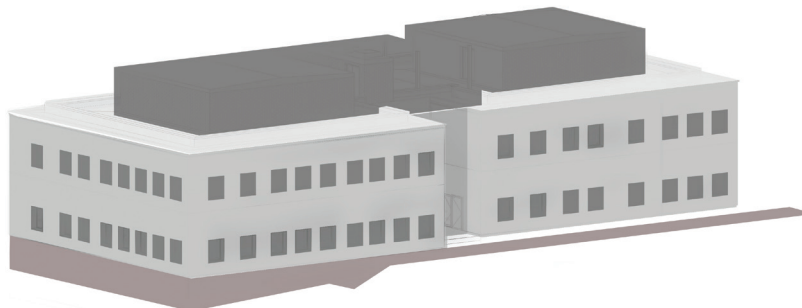
- Okres życia budynku równy 60 lat.
- Dla elementów konstrukcyjnych długość życia równą długości życia budynku.
- Dla elementów wykończenia elewacji wymiana kompletu komponentów po 35 latach dla wszystkich wariantów fasady.
- Dla wariantów fasady ze ścianą osłonową pełną (masywną murowaną lub drewnianą CLT) założono długość życia elementów masywnych i nośnych równą długości życia budynku.
- Dla projektowanych ścian działowych budynku założono konieczność zmiany aranżacji przestrzeni co 15 lat.
- Elementy wykończenia wnętrz podlegają wymianie co 10–15 lat.
- W połowie cyklu życia budynku przewidziano wykonanie generalnego remontu, w ramach którego nastąpiłaby również wymiana podkładów posadzkowych i sufitów systemowych.
- Dla wszystkich elementów instalacji i wyposażenia budynku przyjęto pełną wymianę co 20 lat.

Dane wejściowe do analizy

Analizie został poddany budynek biurowy projektowany z przeznaczeniem na siedzibę firmy SYLVA DREWNO. Część nadziemną obiektu (dwie i pół kondygnacji) zaprojektowano w konstrukcji drewnianej, część podziemną – w konstrukcji żelbetowej. Sumaryczna powierzchnia całkowita budynku wynosi 3042 m².



Rys. 1. Model 1 – fasada szklana systemowa, konstrukcja drewniana lub żelbetowa



Rys. 2. Model 2 – fasada pełna murowana z oknami, konstrukcja żelbetowa lub drewniana

W pierwszej kolejności wykonano modele BIM budynku w dwóch wariantach konstrukcji żelbetowej i drewnianej oraz w dwóch propozycjach wyglądu fasady: szklaną systemową i pełną ze ścianą osłonową perforowaną otworami okiennymi. Zastosowanie technologii BIM pozwoliło na sprawne wykonanie wstępnego przedmiaru ilości materiałów składających się na budynek. Przygotowane modele umożliwiły zestawianie ze sobą w różnych konfiguracjach składowych części rozwiązań projektowych, jak konstrukcja, fasada, elementy aranżacji wewnętrznej. Tym samym analizowano wyniki zarówno całościowo dla kompletnego budynku jak i częściowo, mierząc wpływ poszczególnych komponentów budynku na jego całkowity ślad węglowy.

Na kolejnym etapie, zachowując te same rozwiązania przestrzenne, wariantowaniu poddano jedynie rodzaje poszczególnych materiałów tworzących konstrukcję nad-

ziemną i podziemną oraz materiały składające się na fasadę. W tej części badania poszukiwano przede wszystkim materiałów o niższych wartościach wskaźnika emisji tCO₂e i tym samym zweryfikowano, jak zmiana dobranego materiału bez radykalnej zmiany projektu może wpływać na redukcję całkowitego śladu węglowego.

W analizie uwzględniono – oprócz konstrukcji, fasady, przegród wewnętrznych, dachu i warstw wykończeniowych – także instalacje budynkowe oraz elementy wyposażenia obiektu. Z uwagi na wstępny etap projektu elementy te zostały przyjęte wskaźnikowo, na podstawie przedmiarów dla podobnych budynków.

Na potrzeby badania stworzono tzw. budynek bazowy będący odniesieniem dla kolejnych wariantów. Zaprojektowano go zgodnie z obowiązującymi aktualnie przepisami, z zastosowaniem powszechnych technologii i praktyk projektowych, nieuwzględniają-

Tab. 1. Warianty elewacji

Warianty*	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4 – bazowy i docelowy	Wariant 5
Symbol (legenda do wykresów)	I	II	III	IV	V
Przyjęte rozwiązania techniczne	Fasada z okładziną w systemie ocieplenia ETICS** i tynkami dekoracyjnymi na ścianie osłonowej masywnej, murowanej	Fasada wentylowana z okładziną z blachy tytanowo-cynkowej na ścianie osłonowej masywnej, murowanej	Fasada wentylowana z okładziną z płyt włóknocementowych na ścianie osłonowej masywnej, murowanej	Systemowa elewacja wykonana ze szkła na podkonstrukcji stalowej i aluminiowej	Fasada w systemie ocieplenia ETICS i tynkami dekoracyjnymi na ścianie osłonowej w technologii z drewna klejonego CLT

* Wszystkie warianty fasad spełniają wymagania warunków technicznych dotyczących izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych, w tym: ściany zewnętrzne: $U < 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ przy temp. $\geq 16^\circ\text{C}$, dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: $U < 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ przy temp. $\geq 16^\circ\text{C}$, okna, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: $U < 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ przy temp. $\geq 16^\circ\text{C}$, drzwi w przegrodach zewnętrznych: $U < 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

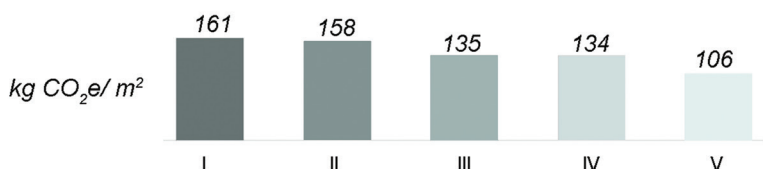
** ETICS (ang. External Thermal Insulation Composite System) to złożony system izolacji ścian zewnętrznych budynku, zwany wcześniej bezspoinowym systemem ociepleń BSO, a jeszcze wcześniej metodą lekką-mokrą. Istotą tej metody polega na wykonaniu na odpowiednio przygotowanym podłożu warstw ze współpracujących i kompatybilnych materiałów.

Tab. 2. Warianty konstrukcji części nadziemnej

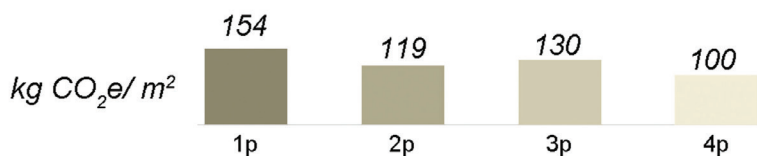
Przyjęte rozwiązania techniczne/warianty	Symbol (legenda do wykresów)	Zastosowanie prętów zbrojeniowych do konstrukcji żelbetowej o zawartości stali z recyklingu 90%	Zmniejszenie o 50% klinkieru portlandzkiego w mieszance betonowej poprzez zastosowanie cementu CEM III	Zamiana części ścian, stropów i słupów żelbetonowych na konstrukcję drewnianą z drewna klejonego	Przyjęcie założenia, że po rozbiórce obiektu 50% konstrukcji drewnianej nie zostanie spalona tylko przetworzona i wykorzystana ponownie, zamiast spalania
Wariant 1 – bazowy	1	-	-	-	n/d
Wariant 2	2	TAK	-	-	n/d
Wariant 3	3	-	TAK	-	n/d
Wariant 4	4	TAK	TAK	-	n/d
Wariant 5	5	-	-	TAK	-
Wariant 6 – docelowy	6	TAK	TAK	TAK	-
Wariant 7	7	-	-	TAK	TAK
Wariant 8	8	TAK	TAK	TAK	TAK

Tab. 3. Warianty konstrukcji części podziemnej

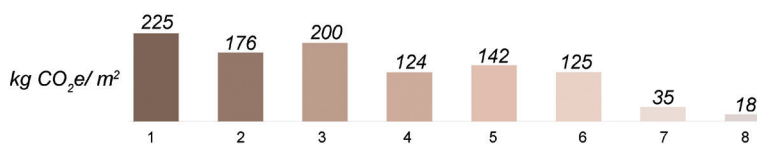
Przyjęte rozwiązania techniczne/warianty	Symbol (legenda do wykresów)	Zastosowanie prętów zbrojeniowych do konstrukcji żelbetowej o zawartości stali z recyklingu 90%	Zmniejszenie o 50% klinkieru portlandzkiego w mieszance betonowej poprzez zastosowanie cementu CEM III
Wariant 1 – bazowy	1p	-	-
Wariant 2	2p	TAK	-
Wariant 3	3p	-	-
Wariant 4 – docelowy	4p	TAK	TAK



Rys. 3. Warianty elewacji



Rys. 4. Warianty konstrukcji podziemia



Rys. 5 Warianty konstrukcji części nadziemnej

cych wagi wbudowanego śladu węglowego. Wykorzystując przeanalizowane rozwiązania konstrukcji oraz fasady, wybrano warianty charakteryzujące się śladem węglowym pozwalającym osiągnąć cel stawiany na rok 2030 przy jednoczesnym zachowaniu projektowanej i preferowanej przez inwestora estetyki budynku. Na ich podstawie opracowano budynek docelowy. Kombinacje wariantów przedstawiają tabele.

Wyniki

Wartości GWP¹ dla poszczególnych elementów budynku przyjęto na podstawie deklaracji środowiskowych typu III (EPD² i równoznacznych) oraz podanych w dostępnych w programie do analizy bazach danych wartości generycznych. W analizie wariantów skupiono się na różnicowaniu rozwiązań elementów stanowiących największy procent całościowego

śladu węglowego, czyli projektowanej konstrukcji oraz fasadzie.

Pośród przeanalizowanych typów elewacji najniższym śladem węglowym cechują się lite ściany z drewna klejonego z wykończeniem typu „lekka-mokra” (wariant V). Niższe wyniki otrzymano by, stosując rozwiązania typu „lekka-sucha” z okładziną drewnianą z uwzględnieniem potencjału odzysku drewna w fazie D. Rozwiązanie projektowe ze ścianą kurtynową (wariant IV) wypada korzystniej od rozwiązań bazujących na ścianach masywnych murowanych.

Podziemia budynków cechują się przeważnie wysokim śladem węglowym z uwagi na znaczne ilości betonu i stali potrzebnych do ich wykonania. Mimo to ograniczenie śladu węglowego takiej konstrukcji jest możliwe bez straty powierzchni budynku dzięki wyspecyfikowaniu odpowiednich materiałów. Z rys. 3. wynika, że dobór typu betonu oraz stali zbrojeniowej pozwala ograniczyć jego ślad węglowy o blisko 40%.

W przypadku konstrukcji w części nadziemnej można zastosować to samo rozwiązanie co dla konstrukcji podziemia, ale największą redukcję osiąga się, łącząc konstrukcję żelbetową z elementami konstrukcji drewnianej.

¹ GWP (ang. *Global Warming Potential*) – to potencjał tworzenia efektu cieplarnianego, służy do ilościowej oceny wpływu danej substancji na efekt cieplarniany. GWP porównuje ilość ciepła zatrzymanego przez określoną masę gazu do ilości ciepła zatrzymanego przez podobną masę dwutlenku węgla.

² EPD (ang. *Environmental Product Declaration*) – jest dokumentem szczegółowo opisującym oddziaływanie produktu na środowisko podczas całego cyklu życia.

Tab. 4. Wybrane założenia zrównoważonego rozwoju wg RIBA, opracowanie własne na podstawie tabeli źródłowej [7]

Wskaźniki zrównoważonego rozwoju RIBA	Obecny trend	Cel na 2025 r.	Cel na 2030 r.	Uwagi
Wbudowany ślad węglowy $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$	1400 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$	<970 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$	<750 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$	Użyj RICS Whole Life Carbon (moduły A1 – A5, B1 – B5, C1 – C4, w tym sekwestracja). Analiza powinna obejmować podkonstrukcję, nadbudowę, wykończenie, stałe FF&E, instalacje w budynku

Zrezygnowanie z konstrukcji żelbetowej na rzecz drewnianej w skali całego obiektu pozwoliłoby radykalnie obniżyć jego wbudowany ślad węglowy, jednak z uwagi na występowanie kondygnacji podziemnej takie rozwiązanie nie było możliwe do wprowadzenia w analizowanym projekcie.

Dla budynku bazowego uzyskano wartość 997 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$ powierzchni całkowitej. Celem porównania tego wyniku z wartością oczekiwaną odniesiono się do rezultatów otrzymanych dla budynku referencyjnego. Jako źródło zostało wykorzystane opracowanie RIBA 2030 Climate Challenge – version 2 z 2021 r. [6]. Opracowano w nim wartości pożądane śladu węglowego w zależności od typu budynku dla bieżących uwarunkowań, jak również uwzględniono przewidywane standardy w roku 2025 oraz 2030. Ślad węglowy typowego budynku biurowego w 2030 r. nie powinien przekraczać 750 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$, zatem budynek bazowy założony w badaniu przekracza tę wartość o 33%.

Wnioski

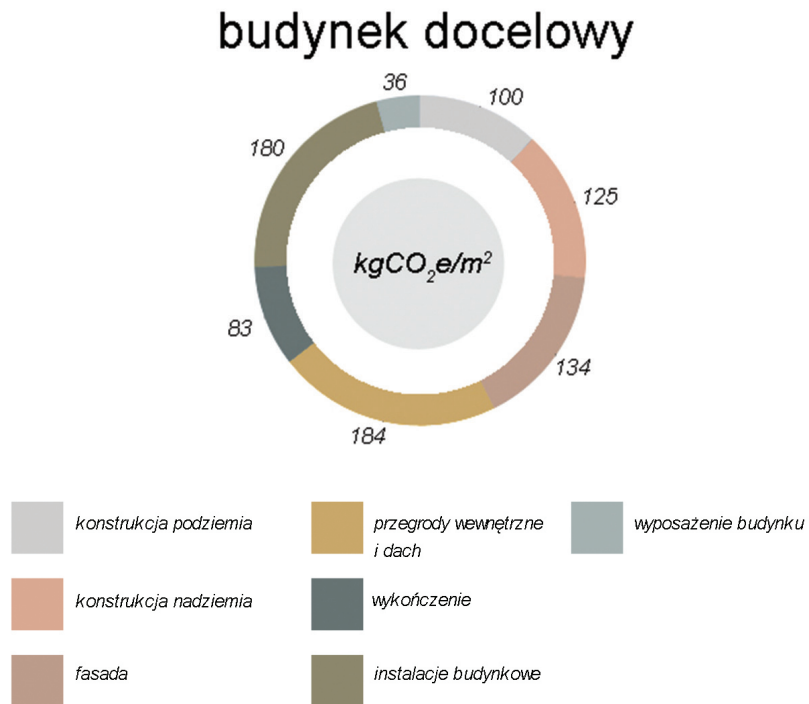
Dzięki doborowi odpowiednich technologii na etapie projektu wbudowany ślad węglowy budynku można zredukować z 997 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$ do 736 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$, zatem o ok. 25%. Redukcja śladu węglowego byłaby mniejsza o 107 $\text{kg CO}_2\text{e/m}^2$, gdyby nie uwzględniono, że 50% konstrukcji drewnianej zostanie poddana recyklingowi, co jest założeniem prawdopodobnym, biorąc pod uwagę aktualne możliwości przetwarzania drewna oraz jego ceny. Uwzględnienie tego aspektu było szczególnie istotne z uwagi na znaczną ilość drewna zastosowaną w projekcie – przede wszystkim jako materiału konstrukcyjnego dla kondygnacji nadziemnych.

Dalsze zmniejszanie wbudowanego śladu węglowego budynku byłoby możliwe np. poprzez ograniczanie jego części podziemnej. W przypadku analizowanego budynku konstrukcja podziemia odpowiada za ponad 15% ogólnej emisji CO_2 . Dla projektów, w których duża ilość miejsc parkingowych nie jest wymagana lokalnymi przepisami, warto rozważyć możliwość zastąpienia ich parkingami naziemnymi.

Korzyści wynikające z zastosowania betonu o mniejszej zawartości cementu portlandzkiego pokazują, jak ważne jest znalezienie szeroko dostępnej alternatywy dla tego materiału. Główny jego komponent –



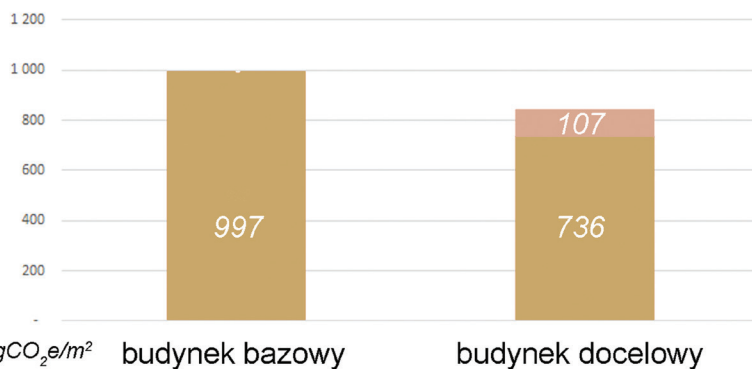
Rys. 6. Budynek bazowy, emisja poszczególnych elementów budynku mierzona w $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$



Rys. 7. Budynek docelowy, emisja poszczególnych elementów budynku mierzona w $\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$

cement jest produktem, który odpowiada za wysoki ślad węglowy tego materiału, przede wszystkim w wyniku emisji CO_2 z rozkładu surowców poddawanych obróbce termicznej w piecu cementowym [8]. Ogranicze-

nie klinkieru portlandzkiego w cemencie jest w stanie znacząco zredukować emisję gazów cieplarnianych do atmosfery [8]. Niektóre grupy materiałów, takie jak metale, będą łatwiej poddawać się ponownemu wykorzy-



Rys. 8. Porównanie wyników emisji kgCO₂e/m² dla budynku bazowego i docelowego

staniu, a tym samym uzyskują wysokie parametry w zakresie cyrkularności. Za przykład może posłużyć stal zbrojeniowa. Poddawanie jej recyklingowi pozwala zmniejszyć zużycie surowców pierwotnych nawet o 75% wg danych Izby Przemysłowo-Handlowej Gospodarki Złomem [9]. Założenia dotyczące rodzaju betonu i zawartości stali pochodzącej z recyklingu powinny wynikać wprost z dokumentacji technicznej, a ich spełnienie wymaga kontroli w trakcie realizacji budynku. Ponadto ograniczona dostępność stali z recyklingu czy zamienników dla klinkieru portlandzkiego sprawia, że dla obniżenia globalnych emisji w sektorze budowlanym należy poszukiwać także innych rozwiązań.

Z tego też względu zastąpienie konstrukcji żelbetonowej drewnianą może odegrać kluczową rolę w dekarbonizacji sektora budowlanego. Drewno to jedyny w pełni odnawialny materiał budowlany, który może charakteryzować się ujemną emisją CO₂. Specjalista od konstrukcji drewnianych Andrew Waught przeanalizował, że emisja dwutlenku węgla w całym procesie produkcji jest mniejsza niż suma wychwyconego CO₂ z atmosfery podczas wzrostu drzewa [10]. Powyższe stwierdzenie może być prawdziwe pod warunkiem, że elementy drewniane w końcowej fazie życia trafią na wysypisko, na którym w procesie gnicia wydzieli się z nich metan, lub zostaną spalone dla pozyskania energii, przez co dwutlenek węgla wróci do atmosfery [11].

Świadomy dobór materiałów, zarówno ilościowy, jak i jakościowy, już w początkowej fazie projektu może wpłynąć na wbudowany ślad węglowy budynku. Dużą rolę odgrywa wykorzystywanie materiałów oraz komponentów budowlanych pochodzących z recyklingu i możliwych do ponownego przetworzenia oraz projektowanych z myślą o ich ponownym wbudowaniu w przestrzeń. Do zmniejszenia zapotrzebowania na materiały przyczynić się może poszukiwanie formy dostosowanej do funkcji budynku, zbudowanej w oparciu o logiczną, efektywną konstrukcję oraz projektowanie przestrzeni z myślą o rozwiązaniach długowiecznych, łatwo adaptowalnych do nowych funkcji i potrzeb kolejnych użytkowników, wykorzystujących

komponenty budowlane trwałe i możliwe do ponownego wykorzystania podczas zmian aranżacyjnych i prac remontowych.

Zestawione na końcu rozwiązania („bazowe” i „docelowe”) nie różniły się między sobą pod kątem zapotrzebowania na energię, a zatem emisje związane z fazą B6 są w obu przypadkach identyczne. Interesującym aspektem, wartym przeanalizowania w przyszłości, jest wpływ takiego ukształtowania budynku, który minimalizuje wbudowany ślad węglowy oraz jednocześnie przyczynia się do zmian w fazie B6 LCA, dotyczącej zapotrzebowania budynku na energię. Umiejętne zaprojektowanie fasady oraz konstrukcji obiektu może przyczynić się do zmniejszenia zarówno wbudowanego, jak i operacyjnego śladu węglowego.

W świecie antropogenicznym nieograniczony wzrost konsumpcji powinien być zastąpiony nowym paradygmatem rozwoju społeczno-gospodarczego, polegającego między innymi na skierowaniu uwagi w stronę surowców wtórnych i innowacji przywracających do życia produkty, budynki oraz przestrzenie już istniejące. Z punktu widzenia ekologii popularne stwierdzenie architekta Miesa van der Rohe „less is more” nabiera nowego znaczenia i wartości.

Literatura

- [1] Kuczera Alicja, Płoszaj-Mazurek Mateusz, Zerowy ślad węglowy budynków, Mapa drogowa dekarbonizacji budownictwa do roku 2050, PLGBC, Czerwiec 2021, s. 3–5.
- [2] United Nations 2020 Global Status Report For Buildings and Constructions, online: <https://globalabc.org/resources/publications/2020-global-status-report-buildings-and-construction>, dostęp: 20.01.2022.
- [3] Engel H. i in. (2020), Neutralna emisyjnie Polska, Warszawa, McKinsey&Company.
- [4] Architecture 2030.org, Why The Building Sector, <https://architecture2030.org/why-the-building-sector/>, dostęp: 2.01.2022.
- [5] Sturgis Simon i in., RICS professional standards and guidance, UK, Whole life carbon assessment for the build environment, edycja pierwsza, listopad 2017.
- [6] RIBA 2030 CLIMATE CHALLENGE, Version 2, 2021.
- [7] Tabela RIBA 2030 Climate Challenge target metrics for non-domestic (new build offices), RIBA 2030 CLIMATE CHALLENGE, Version 2, 2021, s. 5.
- [8] Darlak Artur, Beton – niskoemisyjny materiał budowlany, SPC 2021, s. 7–10.
- [9] Izba Przemysłowo-Handlowa Gospodarki Złomem, Recykling, online: <https://iphgz.pl/pl/recykling.html>, dostęp: 18.01.2022.
- [10] <https://waughtthistleton.com/news/21/04/22/rethink-future/>, dostęp: 21.01.2022.
- [11] Hawkins W. Timber and carbon sequestration, The Structural Engineer, Styczeń, 2021.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.8257

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Przywózka Aleksandra, Wojcieszek Anna, Kowalski Wiktor, Michalczuk Paweł 2022, Badanie wpływu rozwiązań projektowych na wbudowany ślad węglowy na przykładzie budynku biurowego, „Builder” 5 (298). DOI: 10.5604/01.3001.0015.8257

Streszczenie: Dążenie do redukcji emisji gazów cieplarnianych i związane z tym regulacje Unii Europejskiej wymagają od sektora budowlanego, odpowiadającego za ok. 40% globalnej emisji, pogłębienia zrozumienia źródeł emisji i znalezienia sposobów jej redukcji. Konieczne jest zebranie rzetelnych danych z różnych projektów (zarówno zakończonych, jak i będących w trakcie realizacji), aby pomóc projektantom w opracowaniu bardziej zrównoważonych rozwiązań oraz przygotowaniu branży budowlanej do zeroemisyjnej przyszłości. Przedstawione w artykule studium przypadku przedstawia analizę cyklu życia budynku biurowego przeznaczonego na siedzibę firmy SYLVA DREWNO. Ocena wbudowanego śladu węglowego i porównanie alternatywnych rozwiązań projektowych budynku były kluczowym celem badania. W pracy wskazano obszary projektu o największym potencjale redukcji śladu węglowego. Wnioski wyciągnięte z badania mogą posłużyć jako podstawa do opracowania wytycznych projektowych w celu zmniejszenia śladu węglowego przyszłych budynków. **Słowa kluczowe:** wbudowany ślad węglowy, ocena cyklu życia budynku, wskaźnik GWP, dekarbonizacja

Abstract: EMBODIED CARBON ASSESSMENT OF AN OFFICE BUILDING WITH COMPARISON OF DIFFERENT DESIGN SOLUTIONS. Aspirations for the reduction of greenhouse gas emissions and related EU regulations require the building sector, which is responsible for approx. 40% of global emissions, to deepen understanding of their sources and find ways to reduce them. It is necessary to collect firm data from different projects (both completed and ongoing) in order to help designers develop more sustainable solutions and prepare the building industry for a “netZero” future. Our case study presents a life cycle analysis of an office building designed as the headquarters for SYLVA DREWNO. Assessment of the embedded carbon footprint and comparison of alternative design solutions for the building were the key goal of the study. The paper highlights areas of the design with the greatest potential for reduction of the carbon footprint. The conclusions drawn from the study may serve as a basis for developing building design guidelines for reducing the carbon footprint of future buildings.

Keywords: embodied carbon footprint, building life cycle, GWP indicator, decarbonisation

Anglojęzyczna wersja artykułu jest dostępna na kolejnych stronach Builder Science.