

# Konstrukcje gruntowo-powłokowe a żelbetowe obiekty mostowe – wpływ na środowisko



tekst: **PIOTR TOMALA, ADAM CZEREPAK**, ViaCon Polska Sp. z o.o.

W niniejszym artykule podsumowano łączne koszty budowy obiektu mostowego, nie tylko bezpośrednie, ale również ponoszone w pełnym cyklu życia obiektu, tj. koszty naprawy, odnowy, rekonstrukcji, wyburzenia i recyklingu, które zwyczajowo nie są brane pod uwagę przy wyborze technologii budowy obiektu mostowego.

## Wstęp

LCA (*life cycle assessment* – ocena cyklu życia) to technika z zakresu procesów zarządczych, mająca na celu ocenę potencjalnych zagrożeń dla środowiska. Istotą tej metody jest nastawienie nie tylko na ocenę wyniku końcowego danego procesu technologicznego, ale także oszacowanie i ocena konsekwencji całego procesu dla środowiska naturalnego. W analizie tej mapowane są wszystkie procesy, a tym samym zużyte materiały, energia oraz powstałe odpady, które są włączone w każdą fazę cyklu życia produktu (projektu), począwszy od wydobycia a skończywszy na recyklingu i ostatecznej utylizacji. LCA mierzy kluczowe wpływy na środowisko, w tym wpływ na globalne ocieplenie, toksyczność i wyczerpywanie się zasobów naturalnych. Wyniki służą do uzyskania wglądu na najbardziej znaczące negatywne efekty wdrożenia produktu czy też realizacji projektu. Następnie, porównując LCA z wynikami innych rozwiązań, poszukuje się pozytywnych cech mających na celu osiągnięcie mniejszego negatywnego wpływu na środowisko.

Obecnie wznoszone konstrukcje mostowe opierają się na zasobach nieodnawialnych, zużyciu paliw kopalnych i intensywnym wykorzystaniu betonu. To właśnie zmusza projektantów do poszukiwania nowych opcji projektowych w celu złagodzenia związanych z tym obciążeń środowiskowych [1].

W Ameryce Północnej stal jest szeroko stosowana jako surowiec służący do budowy mostów i przepustów zarówno w ciągu, jak i nad drogami kołowymi oraz liniami kolejowymi. W odniesieniu

do obiektów gruntowo-powłokowych i ich pierwszych zastosowań w Ameryce Północnej technologia ta jest powszechnie używana już od 1896 r. W Europie metoda budowy obiektów z blach falistych zapoczątkowana została w połowie lat 50. XX w. W wielu europejskich krajach nadal uważana jest za produkt niszowy. Z drugiej strony konstrukcje podatne wykonane ze stali zabezpieczonej przed korozją mają wiele zalet w porównaniu z konwencjonalnymi konstrukcjami betonowymi dla infrastruktury drogowej i kolejowej, a także dla wielu innych zastosowań przemysłowych. Szybki i łatwy montaż sprawia, że konstrukcje ze stali falistej są bardziej ekonomiczne. Czas montażu obiektów inżynierskich z blach falistych jest znacznie krótszy w bezpośredniej konfrontacji z konstrukcjami z betonu, a wpływa na to kilka decydujących czynników, m.in. lżejszy materiał, mniejsza liczba elementów oraz ograniczone przerwy technologiczne spowodowane np. dojrzewaniem betonu. Z biegiem czasu okazuje się, że obiekty z blach falistych wyróżniają się niezmiernie niskimi kosztami utrzymania. Renowacje, wydłużenia lub przebudowy można realizować szybciej i elastyczniej za pomocą konstrukcji ze stali falistej [1].

## Certyfikacja LCA oraz EPD

Aby móc obliczyć wpływ produktu czy też przyjętego rozwiązania na środowisko, bardzo przydatna okazuje się deklaracja środowiskowa produktu (EPD), gdy ocena cyklu życia (LCA) jest rozłożona na poszczególne etapy życia produktu. Są one umownie nazwane A, B, C, D, a wpływ na środowisko każdego z nich jest ściśle określony. LCA

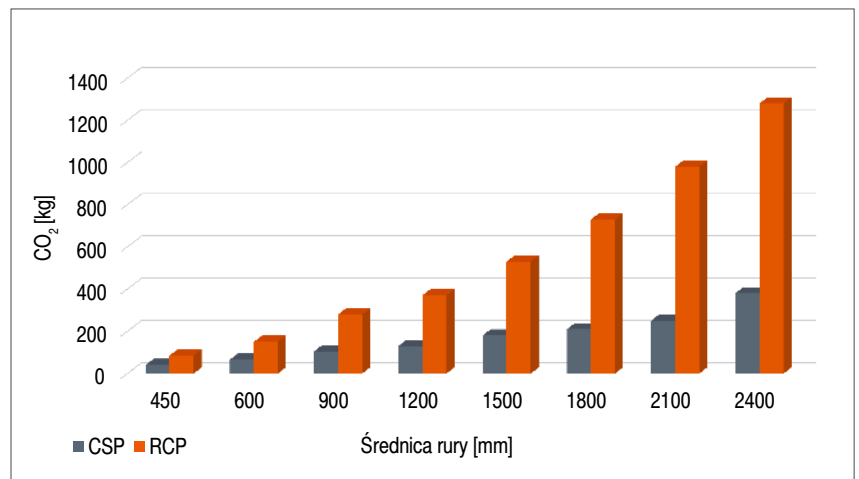
Tab. 1. Etapy cyklu życia

Etap Produkcji			Etap Budowy		Etap Użytkowania							Etap „końca życia”				Zyski i straty z recyklingu
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Dostawa surowców	Transport	Wytworzenie	Transport	Wznoszenie – Instalacja	Użytkowanie	Utrzymanie bieżące	Naprawy	Wymiana	Remont	Energia operacyjna	Operacyjne zużycie wody	Wyburzenie	Transport	Przetwarzanie odpadów	Sprzedż surowców	potencjalne korzyści netto z recyklingu poza granicami systemu
Wliczone			Wliczone		Wliczone	Niewliczone					Wliczone				Wliczone	

obejmuje fazy produktu „od kołyski aż po grób” zgodnie z PN-EN 15804+A1:2014-04, gdzie EPD można wykonać dla wybranych, najistotniejszych etapów i nie zawsze w pełnym zakresie LCA.

W zakresie konstrukcji ze stalowych blach falistych stosowanych przy budowie obiektów gruntowo-powłokowych EPD obejmuje etapy A, C i D. Etapy A1 i A2 to dostawa surowców i transport takich elementów, jak blachy stalowe, śruby, drewno, chemikalia, dodatki, materiały pomocnicze i materiały opakowaniowe. Etap A3 obejmuje proces produkcyjny. Wszystkie materiały i zużycie energii inwentaryzowane są w fabryce i uwzględniane w obliczeniach. W ocenie tej pod uwagę brane są wszystkie istotne parametry z zebranych danych produkcyjnych, tj. wszystkie materiały użyte do wytworzenia produktu, wykorzystana energia cieplna, wewnętrzne zużycie paliwa, energii elektrycznej, zagospodarowanie odpadów produkcyjnych oraz wszystkie dostępne pomiary emisji.

Na koniec okresu eksploatacji (etap C) konstrukcje stalowe można zdemontować przy użyciu odpowiedniego sprzętu. Przyjmuje się, że 98% powstałego złomu stalowego poddawana jest recyklingowi po uprzednim pocięciu i rozdrobieniu, natomiast pozostałe 2% trafia na składowiska w postaci zmieszanych odpadów budowlanych i rozbiórkowych. Przetwarzanie odpadów (etap C3) obejmuje oddziaływania związane z odbiorem złomu stalowego, transportem na składowisko, sortowaniem i prasowaniem do bloków w celu zmniejszenia objętości. Korzyści i straty poza granicami systemu (etap D) są obliczane przy użyciu sformułowanej wartości złomu



Ślad węglowy CSP vs RCP na średnicę rury [2]

netto zaproponowanej przez World Steel Association, gdzie złom netto jest określany jako różnica między ilością stali poddanej recyklingowi na koniec okresu eksploatacji a złomem wsadowym z poprzednich cykli życia produktu (zakładany 70%).

Aby móc obliczyć wpływ na środowisko mostów gruntowo-powłokowych z wykorzystaniem elementów konstrukcyjnych z blachy falistej i porównać go z innym produktem czy też rozwiązaniem, należy uwzględnić te same etapy LCA w obliczeniach.

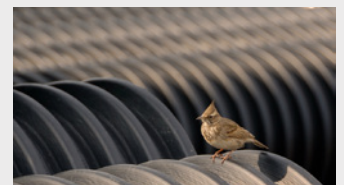
Podobne dane dotyczące mostów z betonu zbrojonego można pobrać z globalnej bazy danych Ecoinvent jako bazy danych inwentaryzacji cyklu życia, która wspiera oceny środowiskowe produktów i procesów.



- Konstrukcje ze stalowych blach falistych
- Konstrukcje inżynierskie z żelbetowych elementów prefabrykowanych
- Rury stalowe spiralnie karbowane
- Rury przepustowe z PP i HDPE
- System kanalizacji deszczowej i sanitarnej
- Ściany oporowe z gruntu zbrojonego
- Zbiorniki retencyjne
- Geosyntetyki
- Mosty kratowe
- Gabiony
- Płotki ochronno-naprowadzające dla płazów

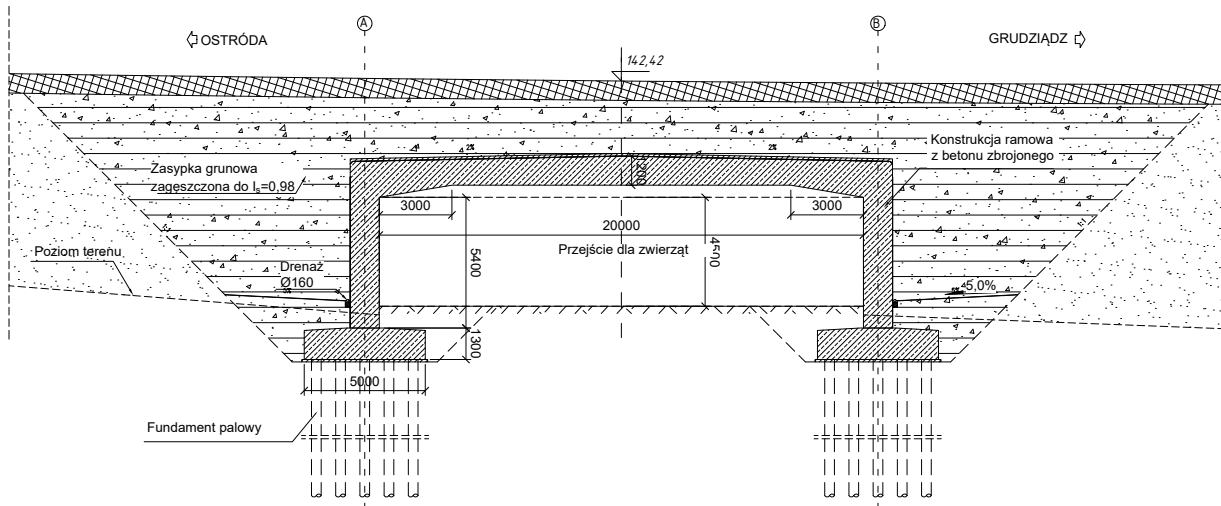
# VIACON

Constructing connections.  
Consciously.

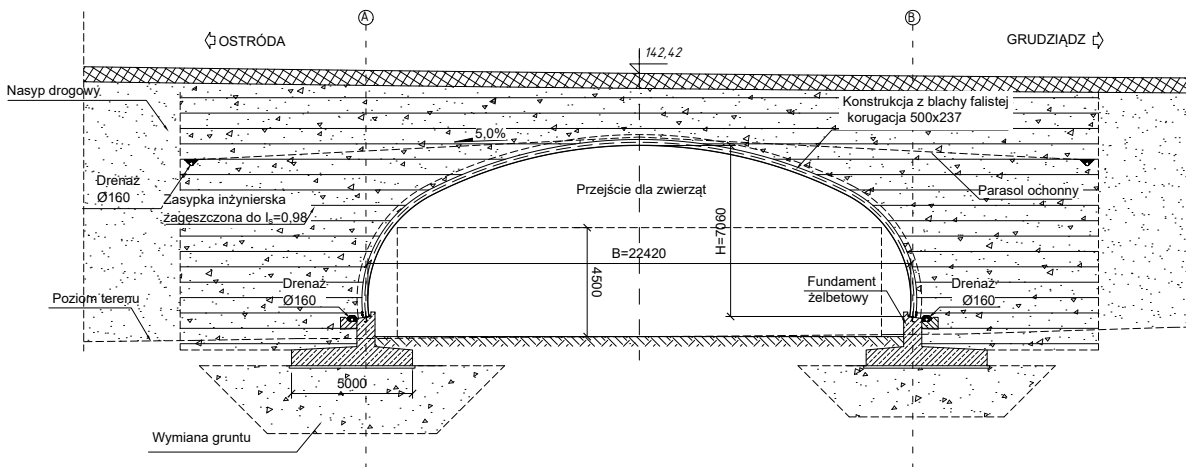


ViaCon Polska Sp. z o.o., ul. Przemysłowa 6, 64-130 Rydzyna,  
tel.: +48 65 525 45 45 • office@viacon.pl

www.viacon.pl



Żelbetowy most (RCB) jako rozwiązanie przejścia podziemnego dla zwierząt dziko żyjących



Most gruntowo-powłokowy (SSB) jako rozwiązanie przejścia dolnego dla zwierząt dziko żyjących

## Przepust z blachy falistej a przepust żelbetowy – porównanie wpływu na środowisko

W 2020 r. kanadyjska Grupa AGÉCO zakończyła badanie porównawcze oceny cyklu życia (LCA) rur ze stali falistej (CSP) z rurami zbrojeniowymi (RCP) na zlecenie Corrugated Steel Pipe Institute (CSPI) [2]. CSPI wydało certyfikat EPD, który jest migawką śladu węglowego CSP w czasie. Został on oparty na 1 tonie stali i przyniósł wyniki w postaci emisji gazów cieplarnianych, zubożenia warstwy ozonowej, smogu, kwaśnych deszczy, eutrofizacji i wyczerpania paliw kopalnych.

Celem tego projektu było porównanie wpływu na środowisko CSP i RCP przy użyciu rury o średnicy 1800 mm i założonej 75-letniej żywotności, uwzględniając regionalne różnice w agresywności wód i gruntu. Wynik analizy został w późniejszym etapie ekstrapolowany w celu uzyskania danych odpowiadających dowolnej innej średnicy.

Ogólnie rzecz biorąc, w porównaniu z RCP w Ameryce Północnej CSP ma mniejszy potencjalny wpływ na wszystkie badane wskaźniki. Główną przewagą CSP nad RCP jest mniejsza masa produktu. Etapy, które w największym stopniu przyczyniają się do potencjalnego wpływu środowiskowego

CSP, to produkcja stali cynkowanej na gorąco. Korzyści z recyklingu netto, uwzględniające wartość złomu stalowego, umożliwiają CSP znaczne ograniczenie tego wpływu. Analiza w obszarze europejskim daje podobny wynik i dostarcza tych samych wniosków.

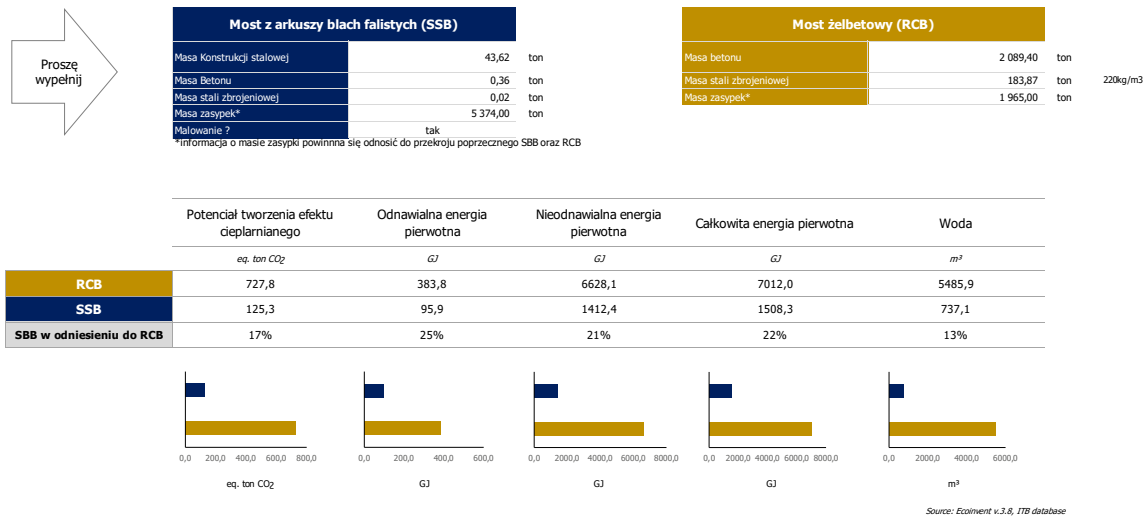
Poprawa trwałości powłoki CSP sprawia, że to rozwiązanie jest tak samo trwałe jak rozwiązania z RCP. Największy wpływ CSP na środowisko wynika z procesu cynkowania ogniowego taśm stalowych jako surowca do produkcji tychże rur. Pewna poprawa w tym zakresie jest kluczowa, aby polepszyć wskaźniki środowiskowe CSP [2].

## Mosty gruntowo-stalowe (SSB) vs mosty żelbetowe (RCB) – porównanie oddziaływania na środowisko

W 2022 r. Instytut Techniki Budowlanej przygotował kalkulator oddziaływania na środowisko na podstawie analizy LCA, który umożliwia porównanie wybranych wskaźników środowiskowych związanych z produkcją mostu gruntowo-powłokowego (SSB) z blachy falistej i mostu żelbetowego (RCB) zgodnie z wytycznymi normy EN 15804 *Zrównoważony rozwój obiektów budowlanych. Deklaracje środowiskowe wyrobu. Podstawowe zasady dotyczące kate-*

## KALKULATOR DO OCENY WPŁYWU NA ŚRODOWISKO

konstrukcji mostowych z korugowanych arkuszy blach falistych (SSB) oraz betonu zbrojonego (RCB)



Wynik wpływu na środowisko SSB vs RCB – tłumaczenie z języka angielskiego

gorii wyrobów budowlanych. Porównanie to można przeprowadzić dla kilku wybranych wskaźników środowiskowych.

Dla właściwego porównania alternatywnych rozwiązań przyjęto następujące założenia:

- porównanie przeprowadzono na podstawie bilansu masy;
- informacja o masie zasypki powinna odnosić się do tego samego zakresu w przekroju mostów SSB i RCB;
- wpływ na środowisko konstrukcji SSB z blachy falistej z powłoką cynkową wynika z deklaracji środowiskowej III typu nr 127/2020, wydanej przez ITB na podstawie danych zinventoryzowanych (rok 2019) dostarczonych przez firmę ViaCon Sp z o.o. oraz bazy danych Ecoinvent v.3.6;
- na podstawie zinventoryzowanych danych określono oddziaływanie na środowisko związane ze stosowaniem powłoki malarskiej na konstrukcji z blachy stalowej z powłoką cynkową (rok 2019);
- charakterystyki środowiskowe betonu, prętów zbrojeniowych ze stali niestopowej oraz zasypki pochodzą z bazy danych Ecoinvent v.3.8.

Za pomocą kalkulatora środowiskowego autorzy artykułu dokonali porównania konstrukcji mostu zlokalizowanego w północno-wschodniej Polsce, pod drogą ekspresową S5 w pobliżu Ostródy. Podstawowa funkcja tego obiektu to separacja ruchu pojazdów mechanicznych od szlaku migracji zwierząt dziko żyjących. W fazie projektowania tejże konstrukcji przygotowano dwa rozwiązania, najpierw jako konstrukcję SSB, później jako alternatywną konstrukcję RCB. Dane ilościowe do analizy porównawczej zaczerpnięto z przygotowanej dokumentacji rysunkowej.

Wyniki tego porównania pokazują, że wszystkie analizowane wskaźniki środowiskowe przyjmują niższe wartości dla rozwiązania SSB. Spójrzeć należy tu na wartość wpływu na środowisko dla potencjału globalnego ocieplenia, która dla SSB wynosi tylko 35% w porównaniu z rozwiązaniem RCB. Wskaźnik zużycia wody jest jeszcze niższy – dla SSB jest o 22% niższy w porównaniu z rozwiązaniem RCB. Konstrukcje mostów gruntowo-powłokowych z wykorzystaniem elementów nośnych wykonanych ze stali falistej mają znacznie mniejszy wpływ na środowisko. Stosując analizę LCA, mogliśmy to dokładnie przeanalizować i porównać.

## Wnioski

Dzięki zastosowaniu lekkich konstrukcji z blachy falistej zamiast betonu można zmniejszyć zarówno zużycie energii potrzebnej do produkcji i montażu, jak i emisję CO<sub>2</sub>. Potwierdza to porównawcza analiza cyklu życia konstrukcji ze stali falistej i rur żelbetonowych dla przepustu (średnica 1,8 m, długość 11,8 m) z rynku północnoamerykańskiego. Badanie to zostało zlecone przez Corrugated Steel Pipe Institute (CSPI) w Kanadzie i przeprowadzone przez kanadyjską firmę konsultingową Groupe AGÉCO. Wynika z niego, że rury ze stali falistej emitują o 77% mniej CO<sub>2</sub> w całym cyklu życia w porównaniu z rurami z betonu zbrojonego [3].

Mosty o rozpiętościach przekraczających 30 m mogą być projektowane w różnych dostępnych na rynku technologiach, w tym także w technologii gruntowo-powłokowej. Takie rozwiązania bardzo często porównywane są na etapie projektowania z mostami tradycyjnymi, czyli żelbetonowymi. Dotychczasowe analizy porównawcze dotyczyły technologii wykonania obiektów, aspektów wytrzymałościowych i trwałościowych, a przede wszystkim bezpośredniego porównania kosztów. W niniejszym artykule autorzy przedstawili porównanie tych dwóch rozwiązań pod kątem ich wpływu na środowisko, wykorzystując analizę LCA oraz na podstawie danych z certyfikatu EPD i ze środowiskowej bazy danych Ecoinvent v.3.6.

## Literatura

- [1] Du G., Pettersson L., Karoumi R.: *Soil-steel composite bridge: An alternative design solution for short spans considering LCA*. „Journal of Cleaner Production” 2018, Vol. 189, pp. 647–661.
- [2] *Comparative Life Cycle Assessment of CSPI's 1,800 mm Corrugated Steel Pipes with North American Reinforced Concrete Pipes* (online). Groupe AGÉCO, Québec, November 2020. Dostępny w Internecie: [https://www.ail.ca/wp-content/uploads/2021/04/AGECO\\_CSPI\\_CSP\\_RCP\\_LCAreport\\_20201116\\_vFINAL.pdf](https://www.ail.ca/wp-content/uploads/2021/04/AGECO_CSPI_CSP_RCP_LCAreport_20201116_vFINAL.pdf) (dostęp 23 lutego 2023).
- [3] Sikovc H., Hammes C.: *Durchlassbauwerke aus folienbeschichtetem, verzinktem Wellstahl sind langjährig*. „Straße und Autobahn” 2021, Heft 8, s. 671–672.

[www.viacon.pl](http://www.viacon.pl)



Czytaj więcej