

Szacowanie kategorii emisyjności na bazie wymagań dotyczących składu i właściwości betonu w aspekcie zastosowanego rodzaju cementu

Streszczenie

Wprowadzenie do budownictwa etykiet emisyjnych dla stosowanych materiałów pozwala promować rozwiązania ekologiczne i przyjazne dla środowiska. Tego typu informacje są obecnie niezbędne w podejściu do projektowania i realizacji obiektów budowlanych w duchu zrównoważonego zarządzania wbudowanym śladem węglowym.

Niniejszy artykuł jest próbą ustalenia kategorii emisyjności betonu oraz opracowania wstępnego etykiet emisyjnych w oparciu o dane dotyczące emisyjności krajowych grup cementów zawartych w deklaracjach środowiskowych typu III, opracowanych na zlecenie Stowarzyszenia Producentów Cementu oraz wymagań normowych zalecanych wartości granicznych składu oraz właściwości betonu opisanych w tablicy F.1 krajowego uzupełnienia do normy PN-EN 206.

Słowa kluczowe:

kategoria emisyjność, cementy niskoemisyjne, ślad węglowy, beton

Abstract

The introduction of emission labels for the materials used in construction allows the promotion of ecological and environmentally friendly solutions. This type of information is currently necessary in the approach to the design and implementation of construction facilities in the spirit of sustainable management of the built-in carbon footprint.

This article is an attempt to determine the emissivity category of concrete and to develop preliminary emission labels based on data on the emissivity of national groups of cements contained in type III environmental declarations prepared on behalf of the Association of Cement Producers and standard requirements, recommended limit values for the composition and properties of concrete described in Table F.1 of the national supplement to the PN-EN 206 standard.

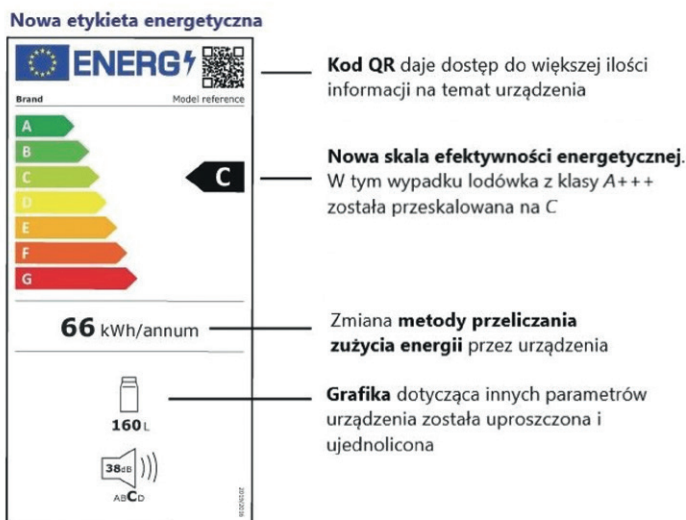
Keywords:

category emissions, low carbon cements, carbon footprint, concrete

1. Wprowadzenie

Beton jest najpopularniejszym materiałem budowlanym wytwarzanym przez człowieka. Ludzkość na co dzień wykorzystuje ten kompozyt do tworzenia różnego rodzaju konstrukcji i elementów. Beton to także materiał, który zachwyca swoją funkcjonalnością i uniwersalnością zastosowania oraz pomaga w rozwoju naszej cywilizacji. To wciąż materiał przyszłości. Jednak klasyczny beton nie istnieje bez klasycznego cementu. Cement odpowiada za wiele niezwykle ważnych właściwości betonu, w tym także za wpływ na środowisko. Nie da się zatem mówić o zrównoważonym i zielonym budownictwie bez cementu, który odpowiada za 75-90% śladu węglowego betonu.

Rysunek 1. Wzór nowej etykiety energetycznej [4]



Historycznym i istotnym z punktu widzenia formalnego było dla producentów betonu uznanie betonu za wyrób budowlany i możliwość znakowania znakiem B.

Jednakże w obecnych czasach deklarowanie stricte technicznych właściwości dla betonu staje się niewystarczające. Coraz częściej pojawiają się zapytania dotyczące wpływu materiałów budowlanych na środowisko wyrażonego najczęściej śladem węglowym produktów.

W Komisji Europejskiej trwają prace w kierunku uwzględniania formalnego wymagań środowiskowych przy ocenie wyrobów budowlanych oraz całych konstrukcji obiektów budowlanych. Ważną rolę w ocenie wpływu na środowisko dla wyrobów budowlanych odgrywa ich ślad węglowy wyrażony poziomem wpływu na potencjał globalnego ocieplenia. W tym kontekście strategia dekarbonizacji branży budowlanej będzie miała podstawy formalne. W dłuższej perspektywie, wszyscy producenci wyrobów budowlanych będą musieli się zmierzyć z wymaganiami rynku dotyczącymi konieczności komunikacji nie tylko unikalnych cech wyróżniających ich produkt na rynku, ale także przekazywania i uzupełnienia informacji na temat cech środowiskowych swoich wyrobów, np. w formie deklaracji środowiskowych typu III. Zgodnie z normami EN 15804 [1] oraz ISO 14025 [2] deklaracja środowiskowa III typu (EPD) zawiera komplet informacji o oddziaływaniach środowiskowych wyrobu budowlanego w deklarowanych cyklach powstawania i życia wyrobu [3].

Obecnie przemysł wyrobów budowlanych ma za zadanie dostarczać coraz to nowe, bardziej ekologiczne rozwiązania oraz promować produkty, których technologie produkcji i wykorzystane składniki charakteryzują się możliwie najniższym impaktem środowiskowym. Kwestią do uzgodnienia pozostaje, w jakiej formie to przedstawić w sposób czytelny i spójny, kształtując swego rodzaju benchmark na rynku dla betonu, posiłkując się wymaganiami normowymi i uśrednionymi danymi.

2. Przykłady z innych branż

Już w 1992 roku w Unii Europejskiej została opublikowana Dyrektywa Rady 92/75/EWG z dnia 22 września 1992 r. w sprawie wskazania poprzez etykietowanie oraz standardowe informacje o produkcie – zużycia energii oraz innych zasobów przez urządzenia gospodarstwa domowego. Natomiast od 2021 roku obowiązują nowe przepisy dotyczące etykiet energetycznych dla urządzeń AGD i elektroniki. Według nowych przepisów etykieta energetyczna powinna zawierać minimum informacji dotyczących deklarowanej klasy energetycznej od A do G oraz zużycia energii w deklarowanym okresie (rys. 1) [4]. Jednocześnie producent może dodać informacje graficzne dotyczące innych istotnych parametrów urządzenia.

Etykiety energetyczne znaleźć można również także na oponach i samochodach.

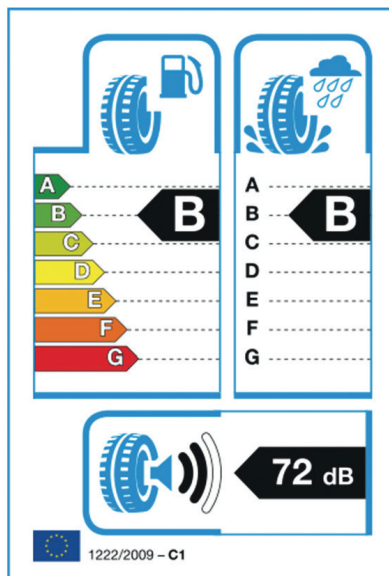
W przypadku opon etykiety prezentują klasy efektywności energetycznej A-G – dla opon dotyczą tzw. efektywności paliwowej – określanej na podstawie współczynnika oporu toczenia (RRC), kategorię przyczepności na mokrej nawierzchni w skali A-G oraz poziom emitowanego hałasu (rys. 2).

3. Kategorie emisyjności betonu

Obecnie wiele organizacji i instytutów naukowych związanych z branżą betonową próbuje opracować klasyfikację emisyjności betonu na wzór funkcjonujących na rynku etykiet energetycznych opisanych w punkcie poprzednim. Pierwsze próby takiej klasyfikacji zostały podjęte przez zespół naukowców i inżynierów pracujących dla europejskiej firmy budowlanej VINCI [6]. W swojej koncepcji zaproponowali 4 kategorie emisyjności betonu, uzależniając tę klasyfikację od przedziałów wytrzymałości na ściskanie oraz emisyjności betonu wyrażonej w $\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ w 1 m^3 (rys. 3).

Swoją klasyfikację zaproponowało także Norweskie Stowarzyszenie Betonu Norsk Betongforening (tab. 1), uzależniając klasę emisyjności betonu od klasy wytrzymałości oraz maksymalnej dopuszczalnej dla tych dwóch parametrów emisji gazów cieplarnianych na 1 m^3 betonu [7].

Stosunkowo niedawno, bo w roku 2022, Instytut Materiałów Budowlanych i Technologii Betonu opracował „Standard klasyfikacji emisyjności betonu towarowego”, w którym zaproponował klasyfi-



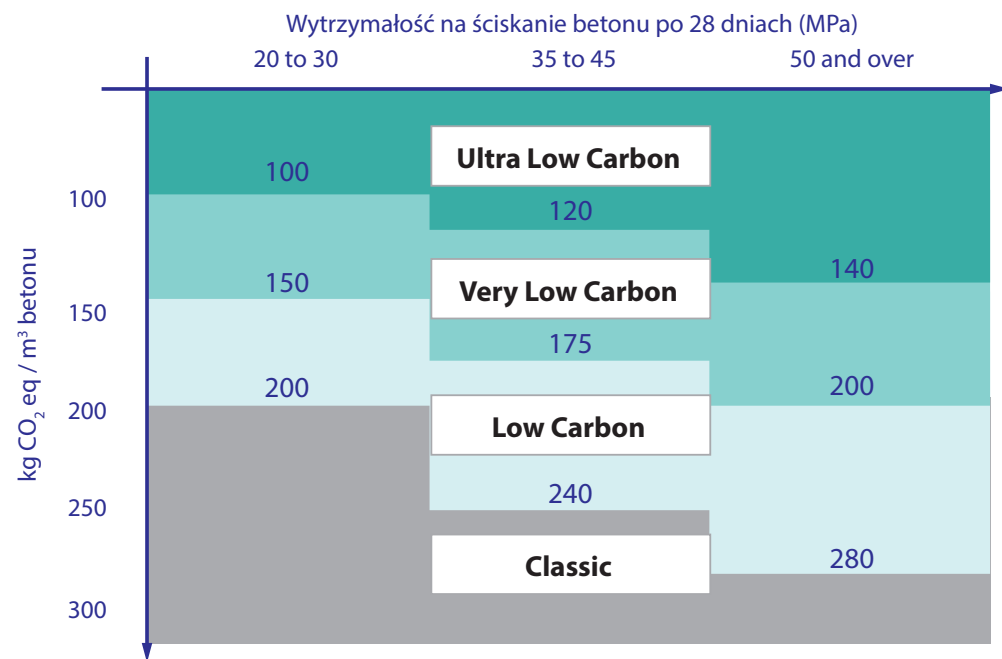
Rysunek 2. Wzór nowej etykiety dla opon samochodowych [4]

kację zbliżoną do założeń zaprezentowanych przez grupę budowlaną VINCI, w którym wyróżniono 4 klasy emisyjności w zależności od deklarowanej klasy wytrzymałości [8].

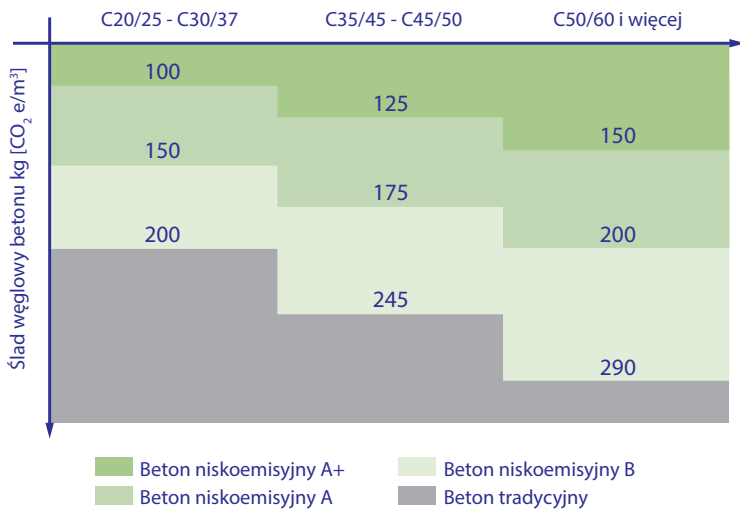
Na rysunku 4 przedstawiono klasyfikację betonów pod względem ich emisyjności z uwzględnieniem klasy wytrzymałości. Im jest ona wyższa, tym większy jest obliczony ślad węglowy, a wynika to przede wszystkim z większej ilości cementu potrzebnej do uzyskania deklarowanej klasy wytrzymałości.

Klasa wytrzymałości	B20	B25	B30	B35	B45	B55	B65
Klasa niskoemisyjności	Maksymalna dopuszczalna emisja gazów cieplarnianych [$\text{kg CO}_2 \text{ eq}/\text{m}^3$ betonu]						
Beton tradycyjny	240	260	280	330	360	370	380
Beton niskoemisyjny B	190	210	230	280	290	300	310
Beton niskoemisyjny A	170	180	200	210	220	230	240
Beton niskoemisyjny Plus	---	150	160	170	180	190	
Beton niskoemisyjny Max	---	110	120	130	140	150	

Tablica 1. Klasyfikacja betonów niskoemisyjnych według NB37



Rysunek 3. Klasyfikacja betonów niskoemisyjnych według VINCI [5]



Rysunek 4. Klasyfikacja betonów niskoemisyjnych według Instytutu Materiałów Budowlanych i Technologii Betonu [8]

Ciekawe podejście do próby ustalenia benchmarku dla rynku betonu w kwestii emisyjności betonu zaprezentowane zostało przez zespół ekspertów z Instytutu Inżynierii Cywilnej w Wielkiej Brytanii [9]. W ramach opracowywanej przez Instytut mapy drogowej dla betonów niskoemisyjnych zostały ustalone najpierw obszary będące podstawą do obliczeń śladu węglowego wbudowanego, obejmującego

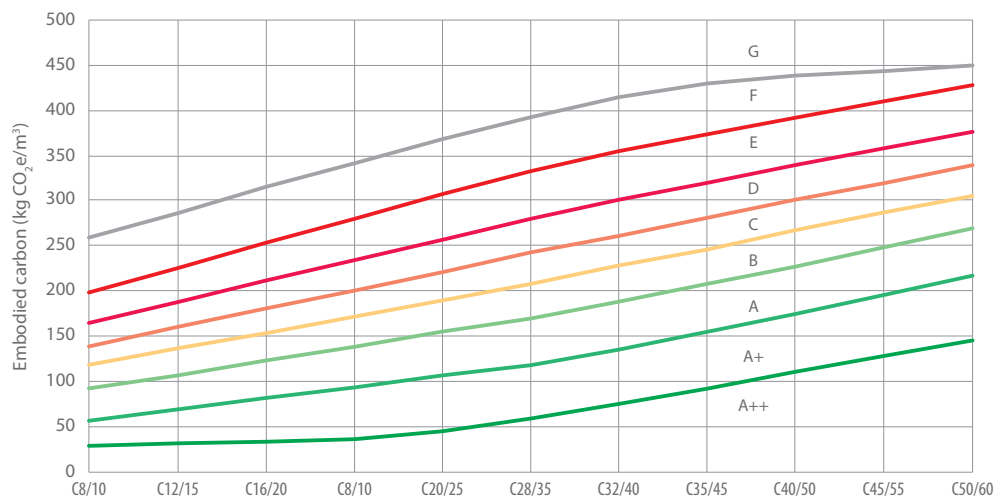
proces według cyklu życia LCA w zakresie etapów A1-A3 mieszanka betonowa i prefabrykat „cradle to gate”. Zaproponowano klasyfikację i podział na podstawie wzoru z etykiet energetycznych w nieaktualnej już klasyfikacji dla poziomów od A++ do G, w zależności od przyjętej klasy wytrzymałości betonu rys. 5.

4. Założenia proponowanej koncepcji

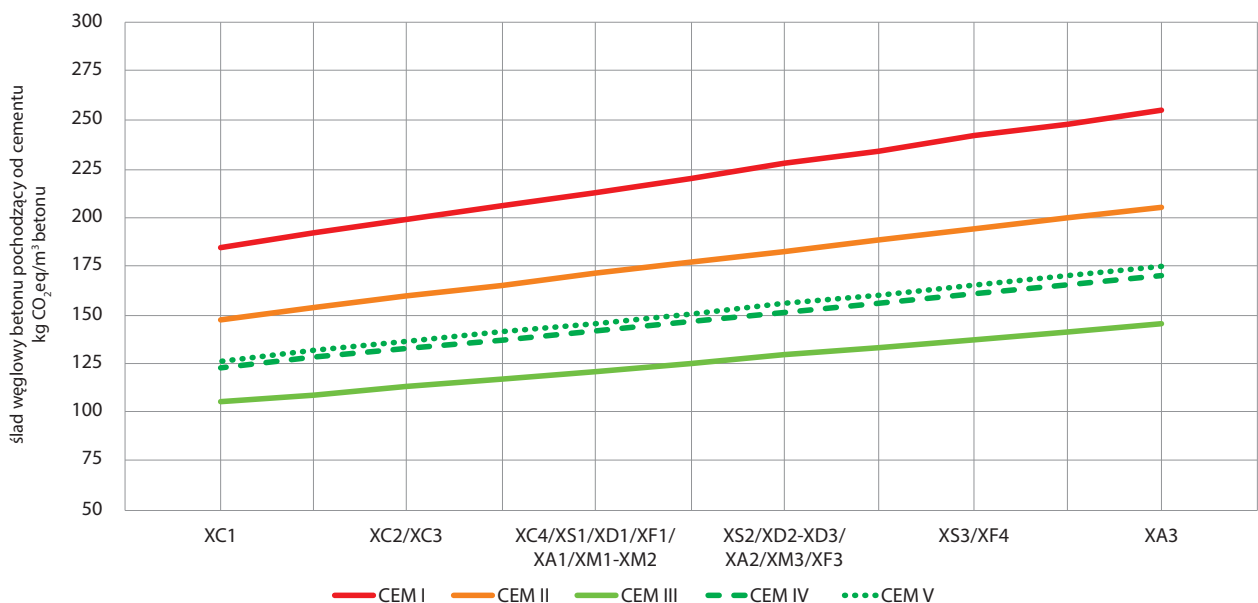
Spojrzenie na klasyfikację emisyjności zaprezentowaną w niniejszym artykule jest nieco inne niż opisane powyżej koncepcje i polega na wykorzystaniu dostępnych, aktualnych danych dotyczących emisyjności cementów oraz zastosowaniu uproszczeń związanych z kompozycją betonu w dedykowanych klasach ekspozycji powiązanych z minimalną zalecaną zawartością cementu.

Do analizy przyjęto, że na ślad węglowy betonu (bez transportu i pompowania) w około 93-95% wpływa ślad węglowy pochodzący z cementu, zatem do klasyfikacji emisyjności betonu założono poziomy emisyjności bez innych części składowych, czyli kruszyw, domieszek, dodatków i wody – szacowanych na około 5-7%. Uśredniony ślad węglowy dla poszczególnych grup cementów produkowanych w Polsce jest znany i opisany jako GWP (Global Warming Potential) w zbiorczej de-

Rysunek 5. Przedziały emisyjności (ślad węglowy wbudowany) dla wzorcowych betonów zwykłych według LCA (A1-A3) [9]



Rysunek 6. Zależność śladu węglowego w betonie (netto) od rodzaju cementu i klas ekspozycji



	Jednostka	Grupa cementów CEM I	Grupa cementów CEM II	Grupa cementów CEM III	Grupa cementów CEM IV	Grupa cementów CEM V
Ślad węglowy wyrażony jako GWP	brutto ¹⁾	812	648	542	536	549
	netto ²⁾	710	571	405	473	485

Tablica 2. Wyniki oceny środowiskowej cementów w aspekcie GWP dla CEM I – CEM V w fazach wyrobu od pobrania surowców do bramy fabryki A1-A3 (zgodnie z EN 15804) – na podstawie [10]

1) Globalne ocieplenie brutto – bez uwzględniania emisji biogenicznych z paliw alternatywnych;
2) Globalne ocieplenie netto – bez uwzględniania emisji z paliw alternatywnych

Tablica 3. Zalecane minimalne zawartości cementu w zależności od klasy ekspozycji według [10]

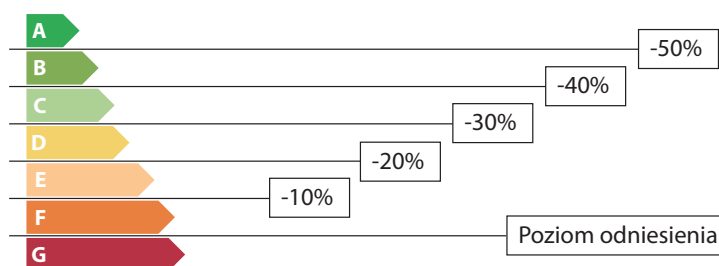
	Korozja spowodowana karbonatyzacją				Korozja wywołana chlorkami						Zamrażanie / rozmrażanie				Środowisko chemiczne agresywne			Agresja wywołana ścieraniem		
					Z wody morskiej			Nie pochodzącymi z wody morskiej												
	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Minimalna zawartość cementu (kg/m ³)	260	280	280	300	300	320	340	300	320	320	300	300	320	340	300	320	360	300	300	320

klaracji środowiskowej opracowanej dla Stowarzyszenia Producentów Cementu w Polsce i wynosi jak przedstawiono w tab. 2 [10].

Drugim obszarem danych, a w zasadzie założeń, jakie przyjęto od opracowania klasyfikacji emisyjności, była tablica F.1 uzupełnienia krajowego do normy PN-EN 206 [10], przedstawiająca zalecenia dotyczące wartości granicznych składów betonów w dedykowanych klasach ekspozycji.

Zagregowanie tych dwóch obszarów danych pozwoliło na opracowanie diagramu obrazującego zależność emisyjności w betonie dla dedykowanej klasy ekspozycji i minimalnej zawartości danej grupy cementów od CEM I do CEM V (rys.6).

Kolejnym krokiem było przyporządkowanie kategorii emisyjności w zależności od śladu węglowego betonu pochodzącego tylko i wyłącznie od cementu. W założeniu przyjęto podział na aktualną dla etykiet energetycznych klasyfikację od A do G. Przy czym klasa emisyjności G charakteryzuje najwyższy poziom emisyjności, a klasa A najniższy,



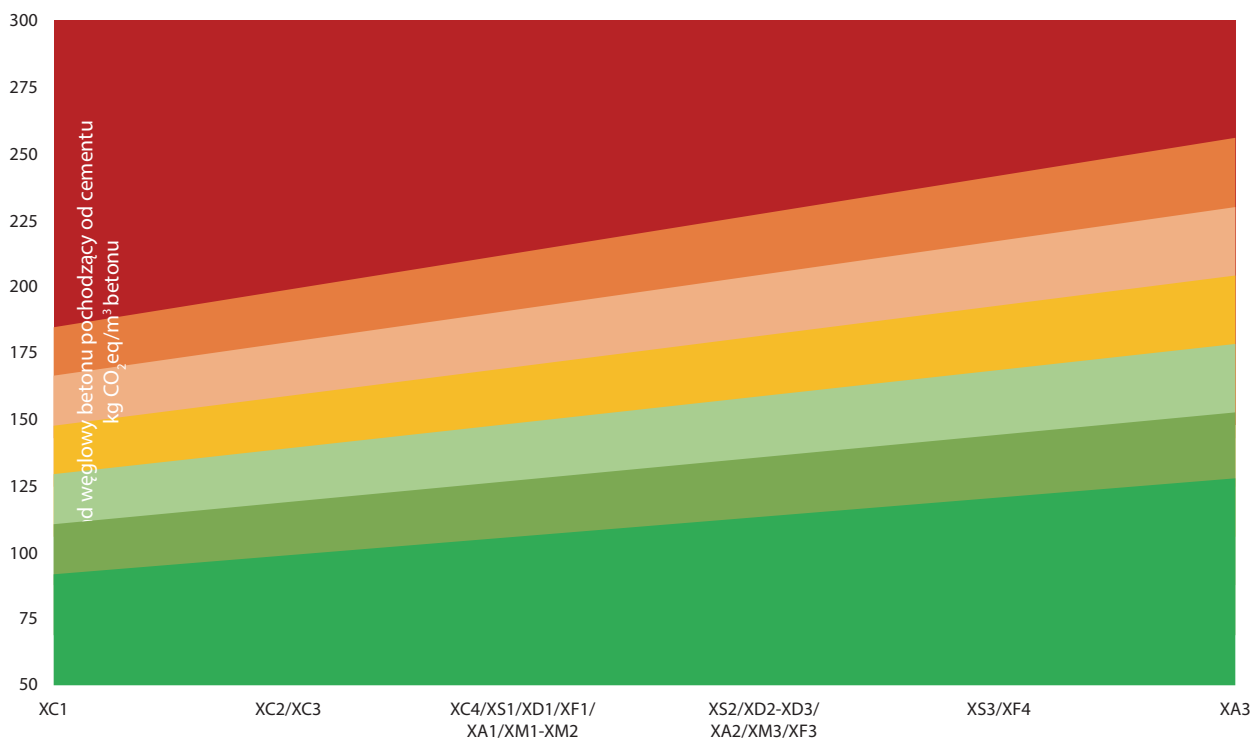
Rysunek 7. Sposób wyznaczenia klas emisyjności betonu

przyjmując założenie, że różnice między kolejnymi kategoriami są pochodną przesunięcia granicy emisyjności o 10% od wartości bazowej.

Za wartości bazowe przyjęto poziom odniesienia: powszechnie stosowany w Polsce beton z wykorzystaniem CEM I o minimalnej ilości cementu wymaganej w PN-B-06265 dla różnych klas ekspozycji, a wskazane wartości określają granicę pomiędzy kategorią F i G – rys 7.

Przy tak przyjętych założeniach opracowano diagram z podziałem na obszary emisyjności zależne

Rysunek 8. Diagram obrazujący podział na obszary emisyjności betonu



Tablica 4. Propozycja założeń dla poziomów emisyjności betonu w różnych klasach ekspozycji i odpowiadających im kategorii emisyjności

Kategoria emisyjności	XC1	XC2/XC3	XC4/XS1/XD1/XF1/ XA1/ XM1-XM2	XS2/XD2-XD3/XA2/ XM3/ XF3	XS3 / XF4	XA3
A	< 92	< 99	< 107	< 114	< 121	< 128
B	92 - 111	99 - 119	107 - 128	114 - 136	121 - 145	128 - 153
C	111 - 129	119 - 139	128 - 149	136 - 159	145 - 169	153 - 179
D	129 - 148	139 - 159	149 - 170	159 - 182	169 - 193	179 - 204
E	148 - 166	159 - 179	170 - 192	182 - 204	193 - 217	204 - 230
F	166 - 185	179 - 199	192 - 213	204 - 227	217 - 241	230 - 256
G	> 185	> 199	> 213	> 227	> 241	> 256

od wartości emisyjności netto charakterystycznych dla stosowanych grup cementów oraz założeń wynikających z zalecanych minimalnych ilości cementu dla klas ekspozycji od XC1 do XA3 (przedział zawartości cementu 260 do 360 kg/m³) – co w założeniach ma zapewnić klasy wytrzymałości projektowanych betonów w zakresie od C16/20 do C35/45. Takie podejście umożliwiło wykonanie szybkiego porównania śladu węglowego betonu w zależności od użytego rodzaju cementu w różnych klasach oddziaływania środowiskowego.

Po przełożeniu finalnych danych z wykresu na zbiorcze zestawienie granic poziomów emisyjności została stworzona tablica opisująca klasyfikację poziomów emisyjności od A do G dla zakresów emisji betonu dla założonej klasy ekspozycji, pochodzących od rodzaju zastosowanego cementu

5. Podsumowanie

Zaprezentowany w niniejszym artykule materiał jest próbą stworzenia krajowej metody klasyfikacji emisyjności betonu w oparciu o możliwie najbardziej obiektywne dane. Z jednej strony wykorzystano średnie emisyjności obliczone dla średnich cementów produkowanych w Polsce (dane pochodzące z SPC), a z drugiej strony formalne wymagania normowe dla minimalnych ilości cementu wymaganych dla produkcji betonu przeznaczonego do użytkowania w dedykowanych klasach ekspozycji. Oczywiście przedstawiony materiał jest obecnie jedynie propozycją. Wymaga uzgodnień dotyczących wartości bazowych, rozszerzenia przedziałów zawartości cementu lub uszczegółowienie dla betonów specjalnych, np. dla zastosowań w drogowych obiektach inżynierskich, betonowych nawierzchniach drogowych czy też specjalnych robotach geotechnicznych.

Niewątpliwą zaletą takiej metody jest wykorzystanie obiektywnego podejścia opartego na założeniach normowych, zapisów oficjalnych dokumentów technicznych czy też wykorzystanie danych uśrednionych dla całego przemysłu.

Wzorowanie się na etykietach energetycznych dla urządzeń elektrycznych stosowanych w gospodarstwach domowych poprawia przejrzystość i ułatwia łatwe odczytywanie informacji o betonie. Wprowadzenie takich kategorii przyjętych wspólnie

przez branżę przyczyni się bardziej do zwiększenia świadomości ekologicznej wśród odbiorców betonu oraz pozwoli na możliwości obiektywnego porównania produktów pod kątem środowiskowym.

dr inż. Piotr Górak
CEMEX Polska Sp. z o.o.

Literatura

1. PN-EN 15804+A2:2020-03 Zrównoważenie obiektów budowlanych – Deklaracje środowiskowe wyrobu – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych
2. PN-EN ISO 14025:2010 Etykiety i deklaracje środowiskowe – Deklaracje środowiskowe III typu – Zasady i procedury
3. Piasecki M., Deklaracje środowiskowe wyrobów budowlanych, typ III (EPD) – norma PN-EN 15804. Zrównoważone budownictwo (<https://www.itb.pl/zrownowazone-budownictwo1.html>)
4. www.ardant.pl/blog/efektywnosc-energetyczna-oswietlenia-klasy-energetyczne-2021
5. pl.wikipedia.org/wiki/Etykieta_energetyczna#Samochody
6. J. Boruc – Betony niskoemisyjne – geneza, możliwości, perspektywy zastosowania // bzb.pl/poradnik/artukul/betony-niskoemisyjne-geneza-mozliwosci-perspektywy-zastosowania/id/40530
7. Publikasjon nr. 37 Lavkarbonbetong, (NP37), Norsk Betongforenings, Mai 2020
8. Standard-klasyfikacji-emisyjnoscii-betonu-2022-aktiv.pdf (emisijnoscii-betonu.pl)
9. Low Carbon Concrete Routemap | Institution of Civil Engineers (ICE)
10. Deklaracje środowiskowe III typu – EPD cementy CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V produkowane w Polsce opracowane przez Instytut Techniki Budowlanej ITB (Piasecki M.) opracowane na zlecenie Stowarzyszenia Producentów Cementu w Polsce – Właściciel Deklaracji Środowiskowej III Typu. Stowarzyszenie Producentów Cementu
11. PN-B 06265:2018-10. Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność – Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12
12. The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete
13. SPC-CEMBUREAU-2050-Roadmap_pl – (<https://www.polskicement.pl/mapa-drogowa-2050>)