

# Trwałość betonu w budownictwie drogowo-mostowym z perspektywy projektanta konstrukcji, technologa betonu i wykonawcy

*„Istnieje także pewien gatunek pyłu, który dzięki przyrodzonym właściwościom wytwarza rzeczy godne podziwu. Występuje on w okolicy Bajów i na gruntach municypiów leżących dookoła Wezuwiusza. Proszek ten zmieszany z wapnem i łamanym kamieniem nie tylko zapewnia trwałość wszystkich budowli, lecz nawet użyty przy budowie grobli w morzu twardnieje pod wodą.”*

*Witruwiusz*

Trwałość obiektów budowlanych została wpisana do wymagań podstawowych Dyrektywy europejskiej 89/106/ECC i jest traktowana jako ważny element zrównoważonego rozwoju.

Konstrukcje betonowe i żelbetowe, które zostały zaprojektowane i wykonane przy spełnieniu pewnych warunków, charakteryzują się wysoką trwałością [1, 2]. W ciągu ostatnich dziesięcioleci stwierdzono wiele przypadków, że pomimo spełnienia istniejących przepisów odnośnie wykonawstwa i doboru materiałowego konstrukcje betonowe nie spełniały założonych wymagań co do trwałości. Przyczyną było nieuwzględnienie negatywnego oddziaływania środowiska na beton [3]. Obecnie wiadomo, że można go uniknąć, uwzględniając na etapie projektowania przewidywany charakter oddziaływań na beton oraz stosując większe wymagania dla otuliny. Nie bez znaczenia pozostaje właściwy sposób wbudowania i zagęszczania mieszanki betonowej oraz odpowiednie zabiegi pielęgnacyjne.

Trwałość konstrukcji żelbetowej przede wszystkim powinien zapewnić beton odporny na wpływy środowiska, w jakim obiekt będzie użytkowany. Trwałość betonu przejawia się w relacji odporność materiału – agresja środowiska. Należy pamiętać, że ten sam beton może być w zależności od otaczającego środowiska trwały lub nietrwały. Norma [P4] dzieli betonowe elementy budowlane według oddziaływań środowiskowych, w jakich będą eksploatowane. W zależności od przyjętych klas ekspozycji zdefiniowane są parametry, jakie musi spełniać beton w celu zapewnienia minimalnego okresu trwałości, czyli według normy PN-EN 206-1:2003 [4] co najmniej 50 lat.

Zniszczenie konstrukcji może nastąpić w wyniku korozji zbrojenia lub betonu, przy czym obydwa procesy mogą zachodzić równolegle. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że nie tylko korozja jest przyczyną zniszczenia konstrukcji betonowych i żelbetowych. Uszkodzenia betonu mogą powstać także na skutek przekroczenia naprężeń granicznych, zwiększenia obciążeń użytkowych, wystąpienia oddziaływań użytkowych czy czynników mechanicznych (uderzenie, przeciążenie, osiadanie budowli, wibracje itp.).

## Trwałość w świetle wymagań normy PN-EN 206-1 i PN-EN 1992-1-1

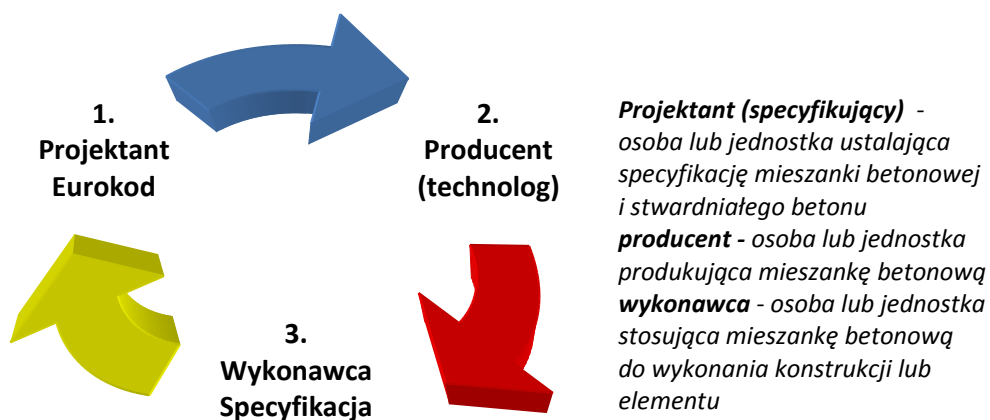
Norma PN-EN 206-1:2003 Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność oraz jej krajowe uzupełnienie PN-B-06265:2004 szczególną uwagę przypisują trwałości betonu w projektowanych warunkach eksploatacji. W normie PN-EN 206-1 zaprezentowano podejście do projektowania, które przede wszystkim ukierunkowane jest na zachowanie trwałości. W tym celu zdefiniowano w normie 18 środowisk agresywnego oddziaływania środowiska.

W krajowym uzupełnieniu PN-B-06265:2004 [5] uwzględniono dodatkową klasę ekspozycji ze względu na agresję wywołaną ścieraniem.

Posługując się danymi zawartymi w normie odnośnie projektowania składu betonu można przyjąć, że przy spełnieniu warunków brzegowych zaprojektowany beton będzie trwały w określonej klasie ekspozycji. Bardzo ważnym elementem jest wybór przy projektowaniu składu betonu klasy ekspozycji dla warunków najbardziej rygorystycznych. Na rysunku 1 i fotografii 1 przedstawiono możliwe oddziaływanie środowiska na konstrukcję.

Jak widać, przy projektowaniu składu betonu należy rozpatrzyć szereg możliwych oddziaływań środowiska i odnieść się do tej klasy ekspozycji, gdzie występują najwyższe wymagania.

Rolą projektanta na etapie projektowania jest zdefiniowanie możliwych środowisk agresywnych oddziałujących na konstrukcję. W tym celu powinien



posłużyć się Eurokodem PN-EN 1992-1-1, w którym podano zasady i wymagania dotyczące bezpieczeństwa, użyteczności i trwałości konstrukcji wraz z wymaganiami dotyczącymi budynków. Eurokody powiązane zostały z ustaleniami wszystkich dyrektyw Rady i/lub decyzji Komisji, dotyczących norm europejskich. Dzięki powyższemu nie powinno być obecnie problemów związanych z prawidłową interpretacją poszczególnych zapisów projektu. W zakresie składu betonu Eurokod bezpośrednio odwołuje się do normy PN-EN 206-1. Jednocześnie w Eurokocie znajdujemy zapis, iż ze względu na wymagania związane z oddziaływaniem klas ekspozycji może się zdarzyć, że w projekcie trzeba przyjąć wyższą klasę ekspozycji niż wynikałoby to z wymagań wytrzymałościowych – zatem podsumowując, w Eurokocie trwałość elementów betonowych ma istotne znaczenie.

Problemem o znaczeniu zasadniczym na obecną chwilę jest przede wszystkim brak w większości analizowanych specyfikacji stosowania zapisów Eurokodu, tylko powoływanie się na normę **PN-88/B-06250 Beton zwykły, która została wycofana ze zbioru polskich norm** w styczniu 2004.

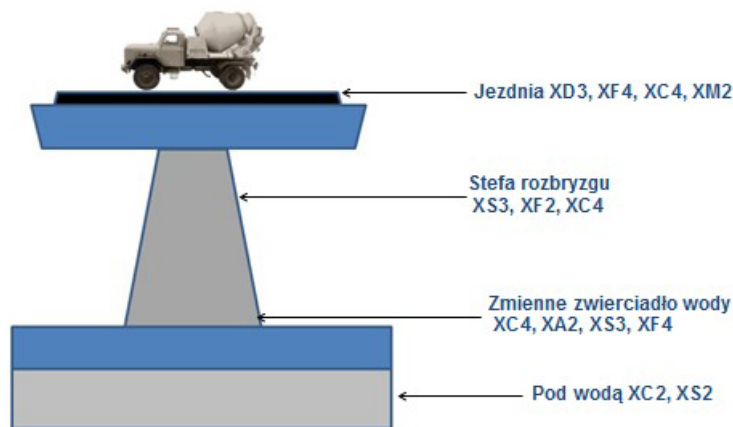
### Rola specyfikacji technicznej

W polskich warunkach przy robotach budowlanych mamy najczęściej do czynienia z dwoma rodzajami specyfikacji: OST – Ogólna Specyfikacja Techniczna – tzw. główny dokument przetargowy i kontraktowy oraz SST – Szczegółowa Specyfikacja Techniczna – stanowiąca materiał pomocniczy.

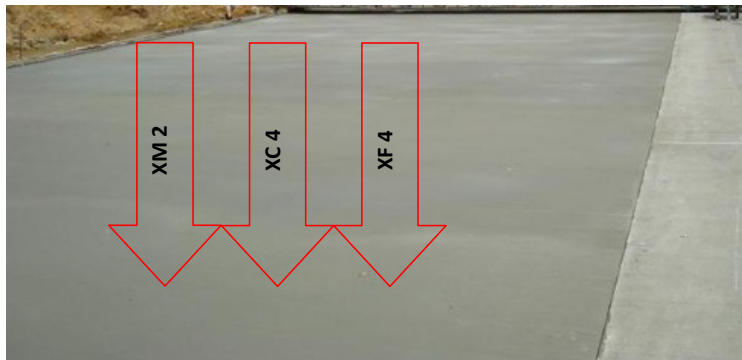
Większość specyfikacji technicznych w budownictwie drogowo-mostowym opracowywana jest na podstawie Ogólnej Specyfikacji Technicznej, na bazie której jest opracowywana szczegółowa specyfikacja techniczna stanowiąca dokument odniesienia przy realizacji określonych konstrukcji [6, 7, 8].

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz.U. 2004 nr 202 poz. 2072) *specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych stanowią opracowania zawierające w szczególności zbiory wymagań, które są niezbędne do określenia standardu i jakości wykonania robót, w zakresie sposobu wykonania robót budowlanych, właściwości wyrobów budowlanych oraz oceny prawidłowości wykonania poszczególnych robót.*

Obecnie najczęściej występujące błędy w specyfikacjach technicznych betonu dotyczą przede wszystkim wykluczających się wymagań, na przykład: klasa ekspozycji XF3 i klasa wytrzymałości na ściskanie C25/30. Bardzo często w jednej specyfikacji wymagania są określone według wycofanej normy PN-88/B-06250 oraz normy PN-EN 206-1, co znacznie utrudnia interpretację zapisów, a wyjaśnienia na drodze pisemnej są w wielu przypadkach niemożliwe. Chociaż większość osób zdaje sobie sprawę z niepoprawności pewnych zapisów, to ilość specyfikacji technicznych spójnych z Eurokodem jest bardzo mała i tym samym realizacja określonych inwestycji budowlanych przebiega według specyfikacji bazujących na wycofanych normach.



Rys. 1. Oddziaływanie poszczególnych klas ekspozycji na konstrukcję



### Projektant, technolog i wykonawca – podział odpowiedzialności

Każdy proces inwestycyjny składa się z pewnych kluczowych elementów umożliwiających realizację poszczególnych etapów budowy. W niniejszym artykule odniesiono się wyłącznie do tych etapów realizacji budowy, które bezpośrednio przekładają się na trwałość konstrukcji betonowej. Pierwszym istotnym elementem jest specyfikacja techniczna, która precyzuje wymagania zarówno w odniesieniu do mieszanki betonowej i betonu, jak i wykonawstwa, zatem obejmuje najistotniejsze obszary związane z zapewnieniem odpowiedniej trwałości. W procesie budowlanym za prawidłowo przedłożoną producentowi betonu specyfikację odpowiedzialny jest wykonawca robót (odbiorca betonu). Wykonawca, składając zamówienie, specyfikuje wymagania w odniesieniu do betonu na podstawie projektu budowlanego. W normie PN-EN 206-1, ze względu na zakres odpowiedzialności za uzyskane parametry wyprodukowanego betonu, norma podaje trzy rodzaje betonu, które mogą być specyfikowane i zamawiane u producenta (patrz rys. 2 na następnej stronie).

W tabeli 1 zestawiono zakres odpowiedzialności za poszczególne rodzaje betonu.

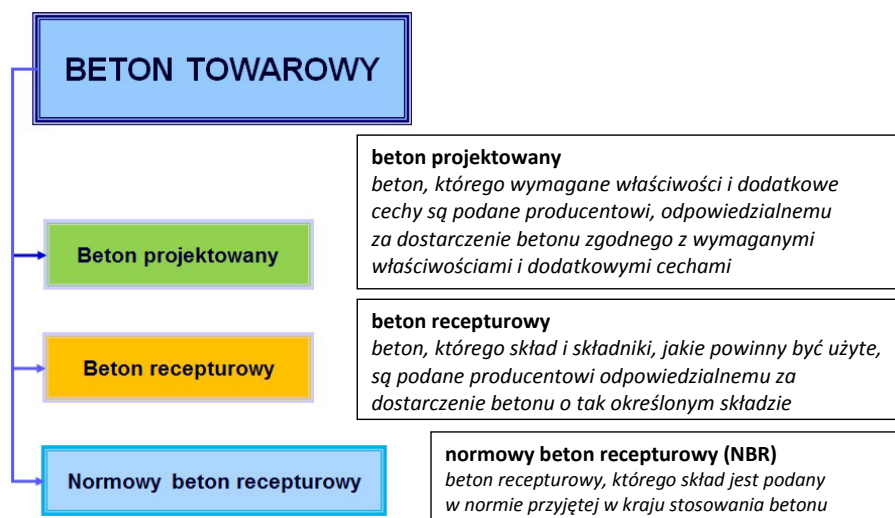
W większości przypadków na obecnie realizowanych budowach jest zamawiany beton projektowany, zatem na tym etapie ważna jest wiedza i doświadczenie technologa w projektowaniu składu spełniającego wyspecyfikowane właściwości.

### Rola nadzoru budowlanego

Nie bez znaczenia dla trwałości betonu jest odpowiednia kontrola na poszczególnych etapach realizacji budowy. Taką rolę najczęściej pełni inspektor nadzoru. Inspektor nadzoru jest jednym z uczest-

Fot. 1. Drogowa nawierzchnia betonowa – możliwe klasy ekspozycji

Rys. 2. Rodzaje betonu, które mogą być specyfikowane i zamawiane u producenta



ników procesu budowlanego obok inwestora, projektanta, kierownika budowy czy kierownika robót, zgodnie z art. 17 ustawy Prawo budowlane z 7 lipca 1994 roku (Dz. U. nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami).

Ustanowienie inspektora nadzoru inwestorskiego na budowie pozwala inwestorowi, który niejednokrotnie nie ma wiedzy technicznej, zapewnić bezpieczeństwo budowy. Inspektor nadzoru inwestorskiego pełni rolę kontrolną nad kierownikiem budowy, może mu wydawać polecenia, które są odnotowywane w dzienniku budowy. Inspektor ma także prawo żądać dokonania stosownych poprawek od kierownika budowy lub kierownika robót budowlanych.

Ponadto inspektor nadzoru dba o to, aby budowa została wykonana rzetelnie i zgodnie z wiedzą techniczną.

Z punktu widzenia omawianej tematyki ważne jest, aby inspektor nadzoru posiadał odpowiednią wiedzę z zakresu technologii betonu, zwłaszcza w obszarze związanym z prawidłowym wbudowaniem i pielęgnacją, czyli tymi etapami budowy, które decydują o trwałości betonu w trakcie eksploatacji.

#### Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy wynika, że zarówno w normie PN-EN 206-1 jak i Eurokodzie 2 wiele uwagi poświęcono zagadnieniu trwałości betonu

narażonego na agresywne oddziaływanie środowiska. W związku z powyższym zaistniała potrzeba opracowania nowych dokumentów odniesienia – specyfikacji technicznych uwzględniających omawiane zagadnienie i obecnie obowiązujące dokumenty. Prawidłowo napisana specyfikacja daje gwarancję realizacji procesu budowy na odpowiednim poziomie, a dla osób nadzorujących stanowi instrukcję postępowania przy odbiorach poszczególnych prac i analizowaniu dostarczonych dokumentów. Zarówno technolog, projektant, jak i wykonawca powinni posiadać wiedzę z zakresu technologii betonu, w tym zagadnień związanych z trwałością, aby w prawidłowy sposób wyspecyfikować, zaprojektować, wbudować beton i prowadzić jego pielęgnację.

**dr inż. Grażyna Bundyra-Oracz**  
**mgr Hanna Jóźwiak**  
**dr inż. Dorota Siemaszko-Lotkowska**  
**Instytut Materiałów Budowlanych i Technologii**  
**Betonu Sp. z o.o.**

#### Literatura

- 1 Z. Ścisławski, *Trwałość konstrukcji żelbetonowych*, Prace naukowe ITB, Warszawa 1995
- 2 PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 3 P.K. Mehta, „High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete for Sustainable Development” *International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*, [http://www.intrans.iastate.edu/publications/\\_documents/conference-proceedings-workshops/sustainable-dev-workshop/mehtasustainable.pdf](http://www.intrans.iastate.edu/publications/_documents/conference-proceedings-workshops/sustainable-dev-workshop/mehtasustainable.pdf)
- 4 PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 5 PN-B-06265:2004 krajowe uzupełnienie PN-EN 206-1:2003
- 6 W. Jackiewicz-Rek, M. Konopska, „Specyfikacje betonu do obiektów mostowych”, *Konferencja Cementowni Ożarów*, 2011
- 7 *Ogólne Specyfikacje Techniczne, M-13.00.00 Beton*
- 8 *Ogólne Specyfikacje Techniczne D-05.03.04, Nawierzchnia betonowa, GDDKiA, Warszawa 2003*
- 9 *Portland Cement Association, Concrete Technology* <http://www.cement.org/>

Tabela 1. Zakres odpowiedzialności za poszczególne rodzaje betonu

	Projektant/Specyfikujący (PN-EN 206-1)	Producent betonu	Wykonawca
Beton projektowany	Określenie wymagań podstawowych i dodatkowych według 6.2.2. i 6.2.3	Ustalenie składu Badania wstępne z udziałem A Ocena zgodności	Zamówienie betonu o wyspecyfikowanych właściwościach Kontrola odbiorcza Prawidłowe wbudowanie i pielęgnacja
Beton recepturowy	Określenie wymagań podstawowych i dodatkowych według 6.3.2. i 6.3.3	Produkcja według wskazanego składu Ocena zgodności	Zamówienie betonu o wskazanym składzie Kontrola odbiorcza Prawidłowe wbudowanie i pielęgnacja
Normowy beton recepturowy	Wskazanie NBR według 6.4	Produkcja według wskazanego NBR Ocena zgodności	Zamówienie betonu NBR Kontrola odbiorcza Prawidłowe wbudowanie i pielęgnacja