

# Wzajemne powiązania: projektant – producent betonu – wykonawca

## 1. Wprowadzenie

Generalnie zakres relacji pomiędzy **producentem betonu** a projektantem, oraz **producentem betonu** a wykonawcą, objęty jest rozdziałem 6 normy PN-EN 206 [1] zatytułowanym „Specyfikacja betonu” oraz rozdziałem 7 zatytułowanym „Dostawa mieszanki betonowej”. Wyróżnienie w poprzednim zdaniu producenta betonu jest celowe, gdyż to **producent betonu** jest centralnym podmiotem normy PN-EN 206. To jemu dedykowany jest ogrom obowiązków związanych z zapewnieniem jakości wyrobu (kontrola zgodności). Na nim też spoczywa odpowiedzialność za właściwe wytworzenie produktu w odniesieniu do zdefiniowanych w zamówieniu wymagań – nie może więc odpowiadać za właściwości, które nie zostały określone w zamówieniu. Na przykład – zniszczenie mrozowe betonu już po pierwszym zimowym sezonie eksploatacji nie jest winą producenta, jeśli mrozoodporność nie została określona w zamówieniu. Odpowiedzialność producenta betonu nie ma też wymiaru nieograniczonego w czasie – może on odpowiadać wyłącznie za właściwości, na które ma wpływ. Po przekazaniu wyrobu wykonawcy w celu jego przetransportowania w obrębie budowy i wbudowania w deskowanie, może nastąpić jeszcze ingerencja w skład betonu (np. dodanie wody) lub przeciągnięcie dopuszczalnego czasu na operacje technologiczne związane z wykonywaniem konstrukcji. Istotny wpływ na ostateczne właściwości betonu w konstrukcji ma także odpowiednie zagęszczenie i późniejsza pielęgnacja. Nie może więc producent odpowiadać za błędy popełnione przez odbiorcę betonu.

Z powyższego nie wynika wcale, że projektant (specyfikujący) czy wykonawca robót (odbiorca betonu) ma bezgranicznie wierzyć w doskonałość producenta betonu. Inwestor też nie musi ufać wszystkim tu wymienionym (w jego imieniu działa inspektor nadzoru). Stąd w normie PN-EN 206 wprowadzone są mechanizmy dodatkowej kontroli betonu, oprócz tej narzuconej i koniecznej po stronie producenta betonu (kontroli zgodności). Jest to wtedy badanie i ocena identyczności, która jest jedynym narzędziem oceny betonu prowadzonej przez wykonawcę robót, inspektora, inwestora itp.

Z powyższych objaśnień można by sądzić, że beton przeważnie jest przedmiotem spornym na budowie, ale tak przecież nie jest, a na pewno być nie powinno. To wspólnym celem wszystkich uczestników procesu budowlanego ma być efekt końcowy zdefiniowany jako „dobry beton”. „Dobry” – czyli spełniający wszystkie wymogi postawione przez specyfikującego (projektanta konstrukcji). Istotą spełnienia tych wymagań są zapisy nie tylko normy PN-EN 206 dotyczącej betonu jako wyrobu budowlanego (dedykowane producentom), ale także zapisy Eurokodów dotyczących projektowania konstrukcji (dedykowane projektantom) oraz zapisy normy PN-EN 13670 [2] dotyczące wykonawstwa konstrukcji betonowych (dedykowane wykonawcom). Dedykowane – nie oznacza, że są wyłącznie dla każdego oddzielnie, ale są to dokumenty wzajemnie ze sobą powiązane i powinny być uzupełniające stosowane przez wszystkie strony. Powinny być stosowane wspólnie w sposób jawny, by wspólnie uzyskać możliwości technologiczne betonu – na przykład: producent betonu może użyć do jego wytwarzania cementu np. CEM III i oświadczać, że osiągnięto parametry projektowe dopiero po 90 dniach dojrzewania, ale... – musi to zaakceptować projektant, bo on wie, jak zaprogramowane jest obciążanie konstrukcji, i w końcu... – musi o tym wiedzieć wykonawca robót, bo od niego zależy (od prowadzonej przez niego pielęgnacji), czy ten beton będzie wykazywał dalsze przyrosty wytrzymałości po 28. dniu dojrzewania, czy nie. Dla wykonawcy ważne jest także, jak ma ustalić tempo robót, termin rozdeskowania, czas podpar-

cia tymczasowego itp. Wtedy dopiero można mówić o wspólnie osiągniętym celu, czyli o uzyskaniu „dobrego” betonu, przy wspólnie też osiągniętym interesie kosztowym.

Z przywołanych wyżej norm wyraźnie też wynikają kierunki przepływu i zakresy wymaganych informacji pomiędzy stronami, tak aby były one kompletne i wzajemnie zrozumiałe.

## 2. To co należy do projektanta (specyfikującego)...

Projektant, wykonując projekt konstrukcji, powinien postąpić się normami do projektowania, ale też należy uczciwie w tym miejscu dopowiedzieć, że nie musi. Jeśli stosuje normy, to powinny to być normy aktualne, ale znów trzeba dopowiedzieć, że nie muszą to być normy aktualne. Pozornie wydaje się to paradoksalne, ale stan taki wynika z zapisów Ustawy o normalizacji z dnia 12 września 2002 roku (Dz.U. 2002 nr 169 poz. 1386), w której art. 5 ust. 3 wyraźnie mówi, że „Stosowanie Polskich Norm jest dobrowolne”. W myśl tejże ustawy wycofanie normy nie oznacza zakazu jej stosowania.

Normy do projektowania są tymi normami, w których określone są wymagania dla materiałów możliwych do zastosowania przy konstruowaniu całych obiektów czy poszczególnych elementów budowli. To określenie wymogów przeważnie sformułowane jest jako odniesienie się do odpowiedniej normy materiałowej (normy wyrobu) poprzez powołanie zawartych w niej postanowień szczegółowych dotyczących tych materiałów.

Aktualnymi normami do projektowania w Polsce są opracowane na poziomie europejskim **Eurokody**, które stanowią zestaw w sumie dziesięciu (często wieloczęściowych) norm, w tym ośmiu dotyczących poszczególnych rodzajów konstrukcji (Eurokody od 2 do 9) i poprzedzone są dwoma dotyczącymi ogólnych zasad konstruowania (Eurokody 0 i 1).

Projektowanie konstrukcji betonowych objęte jest **Eurokodami 2 i 4**, które wprowadzone są normami:

- PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1992-2:2010 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 2: Mosty z betonu – Obliczanie i reguły konstrukcyjne
- PN-EN 1992-3:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 3: Silosy zbiorniki na ciecze
- PN-EN 1994-1-1:2008 Eurokod 4 – Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1994-2:2010 Eurokod 4 – Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych – Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów.

Oдноśnie zagadnień materiałowych wymienione powyżej normy powołują beton według **PN-EN 206** [1], zarówno w odniesieniu do parametrów mechaniczno-fizycznych, jak i w odniesieniu do trwałości konstrukcji wyrażonej różnymi klasami oddziaływania środowiska.

Przyjęcie przez projektanta rozwiązań projektowych kończy się zdefiniowaniem wszystkich wymaganych właściwości betonu w odniesieniu do konkretnych warunków jego pracy (trwałość konstrukcji) oraz, co jest najważniejsze, odnośnie możliwości przenoszenia obciążeń (nośność i bezpieczeństwo konstrukcji). Ten drugi wymóg determinuje najważniejszą właściwość betonu – wytrzymałość na ściskanie, która określa **klasę betonu** (od C12/15 do C100/115). Nie ma w zasadzie możliwości zdefiniowania betonu na etapie projektowania bez podania klasy. Nawet jeśli w projekcie nie jest to wyraźnie zaznaczone, zawsze chodzi

o 28-dniową wytrzymałość betonu. Obowiązkiem projektanta jest także zakwalifikowanie warunków pracy konstrukcji (całej lub projektowanego elementu) poprzez określenie odpowiedniej **klasy ekspozycji** (X...). Na podstawie przewidywanego okresu użytkowania konstrukcji, ustalając **klasę konstrukcji** (od S1 do S6, przy czym domyślną jest klasa S4 o przewidywanym okresie użytkowania równym 50 lat) projektant przyjmuje odpowiednią wymaganą **otulinę zbrojenia**, zapewniającą ochronę stali zbrojeniowej przez beton. Te właśnie połączone czynniki – klasa ekspozycji + klasa konstrukcji + wymagana grubość otuliny – wskazują projektantowi, jaką może zastosować najniższą klasę betonu do projektowanej konstrukcji. Zważając na zapewnienie trwałości, projektant może określić lub zdefiniować inne wymagane właściwości poprzez podanie kryteriów zapewnienia np. mrozoodporności, wodoszczelności, odporności na ścieranie itd. Projektant, przewidując warunki technologiczne wytwarzania, transportu oraz wbudowywania mieszanki betonowej, powinien także określić jej właściwości (konsystencję, lepkość). Zważając z kolei na oczekiwaną jakość wykonywanej konstrukcji w odniesieniu do konieczności zapewnienia przewidywanych jej parametrów, powinien narzucić wykonawcy wymaganą **klasę wykonawstwa** (od 1 do 3) oraz **klasę pielęgnacji** (od 1 do 4). Projektant, przygotowując wytyczne dla producenta betonu, może wyspecyfikować beton jako:

- **projektowany** – czyli projektant określa wymagane właściwości, natomiast ma je zapewnić producent, przygotowując odpowiednią recepturę, biorąc pełną odpowiedzialność za uzyskanie tych właściwości
- **recepturowy** – czyli projektant określa skład betonu i jest odpowiedzialny za uzyskanie przez beton o takim składzie narzuconych przez siebie właściwości betonu; producent odpowiada tylko za wymieszanie betonu według receptury
- **recepturowy beton normowy** – czyli projektant narzuca klasę takiego betonu recepturowego normowego, producent odpowiada za wymieszanie betonu według receptury normowej, a za właściwości odpowiada jednostka normalizacyjna w miejscu stosowania.

W zależności od przyjętej koncepcji specyfikacji jak wyżej, norma PN-EN 206 [1] narzuca, by:

– dla **betonu projektowanego** specyfikacja zawierała:

- ◆ **Jako wymagania podstawowe (obowiązkowe):**
  - wymaganie zgodności z normą PN-EN 206
  - klasę wytrzymałości na ściskanie (np. C30/37)
  - klasy ekspozycji (np. XC4, XF2)
  - $D_{upper}$  (największa wartość D w odniesieniu do najgrubszej frakcji kruszywa w betonie) oraz  $D_{lower}$  (najmniejsza wartość D w odniesieniu do najgrubszej frakcji kruszywa w betonie)
  - klasę zawartości chlorków (np. Cl 0,20)
  - dodatkowo:
    - w przypadku betonu lekkiego – klasę gęstości lub założoną gęstość
    - w przypadku betonu ciężkiego – założoną gęstość
    - w przypadku betonu towarowego – klasę konsystencji lub założoną wartość konsystencji.
- ◆ **Jako wymagania dodatkowe:**
  - specjalne rodzaje lub klasy cementu
  - specjalne rodzaje lub kategorie kruszywa
  - rodzaj, funkcję (konstrukcyjną, niekonstrukcyjną) oraz minimalną zawartość włókien
  - właściwości zapewniające mrozoodporność (zawartość powietrza w mieszance betonowej, określenie metody sprawdzenia mrozoodporności – np. F200 wg PN-B 06250 [3])
  - wymagania dotyczące temperatury mieszanki betonowej, jeśli są inne niż podstawowy wymóg normowy, że nie powinna być niższa niż 5°C
  - rozwój wytrzymałości (szybki, umiarkowany, wolny, bardzo wolny) – istotne z uwagi na tempo wykorzystywania deskowań

- wydzielanie ciepła podczas hydratacji – ważne w konstrukcjach masywnych
- opóźnione wiązanie – np. z powodu skomplikowanego procesu wbudowywania mieszanki, długiego transportu
- odporność na penetrację wody (wodoszczelność)
- odporność na ścieranie
- wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu lub przy zginaniu – np. betony nawierzchniowe
- skurcz, pęcznienie, moduł sprężystości (np. przy stosowaniu kruszywa z recyklingu)
- dodatkowe wymagania dotyczące betonu do robót geotechnicznych
- dodatkowe właściwości betonu samozagęszczalnego
- inne wymagania (np. dotyczące uzyskania efektu konkretnego wykończenia (np. beton tzw. architektoniczny), specjalnej metody układania, czasu utrzymania konsystencji itp.)

– dla **betonu recepturowego** specyfikacja ma zawierać:

- ◆ **Jako wymagania podstawowe (obowiązkowe):**
  - wymaganie zgodności z normą PN-EN 206
  - rodzaj i klasę wytrzymałości cementu (np. CEM II/A-V 42,5R)
  - założoną zawartość cementu
  - założony współczynnik w/c (norma zaleca, by ta wartość założona była mniejsza co najmniej o 0,02 od przewidywanej wartości granicznej), albo konsystencję wyrażoną klasą lub wartością założoną
  - rodzaj i kategorię kruszywa oraz maksymalną zawartość chlorków
  - dla betonów lekkich lub ciężkich odpowiednio maksymalną lub minimalną gęstość kruszywa
  - maksymalny wymiar kruszywa  $D_{upper}$  (największa wartość D w odniesieniu do najgrubszej frakcji kruszywa w betonie) oraz  $D_{lower}$  (najmniejsza wartość D w odniesieniu do najgrubszej frakcji kruszywa w betonie), a także wszelkie ograniczenia dotyczące kategorii uziarnienia; norma zaleca, by  $D_{upper}$  nie był większy niż dg (największy nominalny wymiar ziaren najgrubszego kruszywa wg normy PN-EN 1992-1 [4] mający wpływ na ustalanie grubości otuliny zbrojenia)
  - rodzaj i ilość domieszek, dodatków lub włókien, jeśli są stosowane
  - pochodzenie domieszek, dodatków lub włókien, jeśli są stosowane, ewentualnie pochodzenie cementu (jeśli jego właściwości nie da się zdefiniować w inny sposób, np. cement specjalny).
- ◆ **Jako wymagania dodatkowe:**
  - pochodzenie niektórych lub wszystkich składników betonu zamiast właściwości, których nie można zdefiniować w inny sposób
  - dodatkowe wymagania dotyczące kruszywa
  - wymagania dotyczące temperatury mieszanki betonowej, jeśli są inne niż podstawowy wymóg normowy, że nie powinna być niższa niż 5°C
  - inne wymagania techniczne.

dla **normowego betonu recepturowego** specyfikacja ma zawierać:

- odwołanie do normy PN-B 06265 [5] definiującej wymagania dla normowego betonu recepturowego
- oznaczenie normowego betonu recepturowego – NBR 10, NBR 15 lub NBR 20.

W przypadku specyfikowania normowego betonu recepturowego projektant powinien pamiętać, że może on być stosowany jako beton zwykły w konstrukcjach betonowych i żelbetowych oraz w klasach ekspozycji X0 lub XC1.

### 3. To co należy do producenta betonu...

Choć z opisu powyżej wynika, że specyfikację przygotowuje projektant obiektu, to z reguły nie on ją dostarcza producentowi be-

tonu. Dostarczycielem specyfikacji jest przeważnie wykonawca robót, bo to on uzgadnia i zamawia dostawę, i to on na końcu ponosi odpowiedzialność za użycie właściwego materiału konstrukcyjnego. Poświadcza ten fakt odpowiednimi wpisami do dziennika budowy na zakończenie procesu inwestycyjnego.

Z zapisów normy PN-EN 206 [1] wyraźnie wynika, że „specyfikacją” betonu w myśl teźże normy jest po prostu jego „zamówienie” sformułowane przez wykonawcę robót w oparciu o zapisy specyfikacji projektowej opracowanej przez projektanta konstrukcji. Oznacza to, że w **specyfikacji/zamówieniu** dostarczonym przez wykonawcę robót powinny być dodatkowo uwzględnione możliwości bądź ograniczenia wykonawcy – wynikające np. z technologii w budowywania mieszanki betonowej (konsystencja), możliwości transportowych, założonego tempa prowadzenia robót itp. Brak rozróżnienia tego niuanse pomiędzy specyfikacją projektową a specyfikacją/zamówieniem prowadzi do częstej praktyki przekazywania producentowi specyfikacji projektowej jako załącznika do zamówienia. Przygotowana na jej podstawie dostawa nie zawsze może jednak odpowiadać technologicznie wykonawcy robót.

Z punktu widzenia producenta jego obowiązkiem jest oczywiście wytworzyć beton spełniający wszystkie sformułowane w specyfikacji wymagania, co udowadnia, dokonując oceny zgodności swojego wyrobu w zakresie wyspecyfikowanych właściwości. Ostatecznym świadectwem tego działania jest podpisanie deklaracji zgodności. Można mieć wrażenie, szczególnie w przypadku betonu projektowanego, że konieczne i wystarczające jest, by producent wykazał uzyskanie wymaganych właściwości – ale jak to zrobił i przy użyciu jakich materiałów i metod, to mogłoby być nieistotne. Tak jednak nie jest, bo norma wymienia zestaw informacji przekazywanych przez producenta do wykonawcy. Celem przekazu tych informacji jest pełna wspólna świadomość dotycząca właściwości materiału, jego możliwości, ale jednocześnie zagrożeń, które mogą wystąpić w trakcie w budowywania, lub później w trakcie dojrzewania.

Tak więc na **życzenie** wykonawcy, na etapie uzgadniania warunków dostawy, producent powinien przekazać następujące informacje dotyczące betonu projektowanego:

- rodzaj i klasę wytrzymałości cementu oraz rodzaj kruszywa
- rodzaj domieszek i rodzaj dodatków, jeśli są stosowane
- opis włókien stalowych i polimerowych (zgodnie z obejmującymi je normami) oraz ich zawartość, jeśli jest wyspecyfikowana
- opis włókien stalowych i polimerowych (zgodnie z obejmującymi je normami), jeśli są wyspecyfikowane za pomocą klasy właściwości użytkowych betonu zbrojonego włóknami
- założony współczynnik woda/cement
- wyniki istotnych wcześniejszych badań betonu, np. z kontroli produkcji, kontroli zgodności, lub z badań wstępnych
- rozwój wytrzymałości
- pochodzenie składników
- $D_{max}$  – wartość deklarowana D najgrubszej frakcji kruszywa faktycznie zastosowanego do betonu.

Trzeba w tym miejscu zaznaczyć, że we wstępie tej listy jest sformułowanie „na życzenie wykonawcy”, a to nie oznacza przymusu. Jedynym sprzyjającym momentem, kiedy można te uzgodnienia poczynić w duchu wzajemnego zrozumienia, to czas formułowania umowy na dostawę betonu. Jeśli takie zapisy nie znajdują miejsca w umowie, to później, zwłaszcza gdy występują problemy technologiczne przy realizacji obiektu, nie można już egzekwować szczegółowych informacji np. o składzie betonu, poszczególnych składnikach czy dokładnych danych o uzyskiwanych parametrach.

Bardzo ważną informacją przekazywaną przez producenta do wykonawcy jest rozwój wytrzymałości. Informacje te mogą być podane jako współczynnik wytrzymałości będący stosunkiem wytrzymałości 2-dniowej  $f_{cm,2}$  do wytrzymałości 28-dniowej  $f_{cm,28}$

ustalany na etapie badań wstępnych w warunkach laboratoryjnych (temperatura 20°C) – według tablicy 1. Może też być ustalony na podstawie znanych właściwości użytkowych betonu o porównywalnym składzie. Postać tej informacji może być też przedstawiona jako krzywa rozwoju wytrzymałości betonu w temperaturze 20°C między 2. a 28. dniem dojrzewania. Informacja ta jest potrzebna wykonawcy robót do wyznaczenia czasu trwania pielęgnacji betonu w zależności od klasy pielęgnacji 2, 3 lub 4 ustalonej przez projektanta w specyfikacji wykonawczej. Wśród wykazu informacji przekazywanych przez producenta do wykonawcy wymienione też są zagrożenia dla zdrowia, które mogą wystąpić w wyniku styczności z przerabianą mieszanką betonową.

Norma nie narzuca formy wymiany informacji pomiędzy producentem betonu a wykonawcą robót – pozostawia to konkretnym relacjom między nimi i lokalnym zwyczajom. Norma narzuca jednak zawartość dowodu dostawy, który jest dokumentem wymaganym przy dostawie każdego ładunku mieszanki betonowej. Dowód dostawy także jest formą informacji przekazywanej przez producenta do wykonawcy, ale stanowi także formalne, prawne potwierdzenie, że to, co zostało dostarczone, odpowiada zamówieniu i jest zgodne z normą odniesienia PN-EN 206.

#### 4. To co należy do wykonawcy robót (odbiorcy betonu)...

##### 4.1. Założenia ogólne

Z punktu widzenia betonu – wykonawca odbiera od producenta wyrób, który nie ma ostatecznie ukształtowanych właściwości. Dobitnie można stwierdzić, że odbiera wyrób, który dopiero ma potencjalne możliwości uzyskania oczekiwanych właściwości. Jakie one ostatecznie będą? – zależy właśnie od wykonawcy – z uwagi na zastosowane technologie w budowywania oraz zastosowane środki ochrony i pielęgnacji w czasie dojrzewania, a także od właściwego nadzoru nad wykonawstwem.

Przy realizacji obiektu wykonawca ma spełnić wszystkie wymagania stawiane obiektowi w opracowanym projekcie konstrukcji, którego obowiązkową częścią jest **specyfikacja wykonawcza**. Narzucać ona powinna sposób zarządzania jakością, co realizowane jest poprzez przyjęcie jednej z trzech klas wykonania przedstawionych w normie PN-EN 13670 [2] (wymagana dokładność wzrasta od klasy 1 do klasy 3):

- klasa wykonania 1
- klasa wykonania 2
- klasa wykonania 3

Klasa kontroli może dotyczyć **całej konstrukcji**, jej **elementów** lub niektórych **materiałów** (technologii) użytych do wykonania robót.

Dla każdej z trzech klas kontroli norma podaje szczegóły dotyczące:

- kontroli materiałów i wyrobów
- zakresu kontroli wykonania
- rodzaju kontroli wykonania i dokumentacji kontroli.

**Trzy klasy wykonawstwa** związane są z **trzema poziomami** zróżnicowania **niezawodności** określonymi w PN-EN 1990 [6] Załącznik B. Poziom wykonania i kontroli w zakresie **klasy wykonania 2** spełniają założenia projektowe normy PN-EN 1992 i wymagany poziom bezpieczeństwa odniesiony do częściowych materiałowych współczynników podanych w rozdziale 2.4.2.4 normy PN-EN 1992-1-1 [4]. Oznacza to, że jeśli w projekcie nie występuje określenie klasy wykonawstwa, **domyślnie** należy przyjąć **klasę wykonania 2**.

Określenie **klasy wykonania** prowadzi do ustalenia w specyfikacji wykonawczej **planu kontroli**, który powinien zawierać następujące elementy:

- wymagania
- powołanie na normę PN-EN 13670 i specyfikację wykonawczą
- metodę kontroli, monitorowania lub badań

- określenie etapu kontroli
- częstotliwość kontroli, monitorowania lub badań
- kryteria zgodności
- dokumentację
- odpowiedzialnego za kontrolę
- ewentualny udział innych stron w kontroli.

Trzy klasy wykonania dają możliwość określenia wymaganego poziomu zarządzania jakością opartego na **znaczeniu** elementów/konstrukcji oraz **standardu wykonania** ze względu na zdolność konstrukcji **do spełnienia założonej funkcji**.

**Klasa wykonania 1** powinna być stosowana jedynie w odniesieniu do konstrukcji, gdzie konsekwencje awarii są małe lub pomijalne. Kontrola w **klasie wykonania 1** może być przeprowadzona przez operatora, który prowadził roboty – oznacza to, że kontrola jest przeprowadzana po zakończeniu wszystkich robót – **samokontrola**.

Dla konstrukcji w **klasie wykonania 2** systematyczna kontrola wewnętrzna powinna uwzględnić kontrolę wszystkich robót betonowych i zbrojeniowych dotyczących ważnych elementów konstrukcyjnych, takich jak stopy i belki. Kontrola innych elementów konstrukcyjnych przez sprawdzanie punktowe powinna być przeprowadzana w zakresie zależnym od znaczenia danego elementu konstrukcyjnego dla nośności i trwałości.

Dla konstrukcji w **klasie wykonania 3** systematyczna kontrola wewnętrzna powinna uwzględniać roboty betonowe mające znaczenie dla nośności i trwałości. Obejmuje to kontrolę deskowania, zbrojenia, oczyszczenia przed betonowaniem, betonowania i pielęgnacji, sprężania, iniekcji itp. W ramach **kontroli w klasie 3**, dodatkowo oprócz samokontroli i systematycznej kontroli wewnętrznej, przeprowadzanej przez wykonawcę we własnym zakresie, może występować konieczność **kontroli rozszerzonej** (np. zgodnie z regulacjami krajowymi i/lub specyfikacją wykonawczą). Ta rozszerzona kontrola może być przeprowadzona przez inną firmę – **kontrola niezależna**. W przypadku, gdy wymagana jest kontrola rozszerzona (lub niezależna), powinna ona obejmować przynajmniej taki zakres, jak w przypadku systematycznej kontroli wewnętrznej w klasie wykonania 2.

#### 4.2. Betonowanie

Z uwagi na ścisłą relację normy PN-EN 13670 z Eurokodami, zasadniczym założeniem dotyczącym betonu jest konieczność jego specyfikowania i produkcji zgodnie z normą PN-EN 206. Tak więc za kontrolę i ocenę zgodności odpowiedzialny jest producent betonu, czego najprostszym dowodem jest prowadzona przez niego zakładowa kontrola produkcji. Według zaleceń obu tych norm, miejscem kontroli właściwości betonu jest miejsce dostawy. W przypadku wyboru innego miejsca sprawdzania właściwości, np. węzeł betoniariski, producent powinien posiadać dowody dotyczące korelacji pomiędzy takimi wynikami a uzyskiwanymi w miejscu dostawy.

Jeśli jest prowadzone badanie identyczności (działanie wykonawcy, inspektora), często narzucone przez specyfikację, to próbki powinny być pobierane także w miejscu dostawy (w przypadku betonu nietowarowego – w miejscu betonowania).

##### 4.2.1. Roboty przygotowawcze do betonowania

W ramach przygotowań do procesu wbudowywania betonu norma PN-EN 13670 zaleca dość obszerny zakres zadań:

- należy przygotować plan betonowania (jeśli jest to wymagane w specyfikacji wykonawczej)
- należy przeprowadzić próbne betonowanie (jeśli także jest to wymagane w specyfikacji wykonawczej), co powinno być udokumentowane przed rozpoczęciem robót betoniariskich
- złącza konstrukcyjne powinny być przygotowane zgodnie z wymaganiami określonymi w specyfikacji wykonawczej, a przede wszystkim powinny być czyste, bez mlecza cementowego, zwilżone do stanu wilgotnego

Tablica 1. Rozwój wytrzymałości betonu w temperaturze 20°C [1]

Rozwój wytrzymałości	Współczynnik wytrzymałości $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$
Szybki	$\geq 0,5$
Umiarkowany	$\geq 0,3$ do $< 0,5$
Wolny	$\geq 0,15$ do $< 0,3$
Bardzo wolny	$< 0,15$

- deskowanie ma być nieuszkodzone, wolne od lodu, śniegu i stojącej wody
- w przypadku układania mieszanki betonowej bezpośrednio na podłożu gruntowym, należy ją zabezpieczyć przed zmieszaniem z gruntem
- w przypadku wykonywania robót w okresie zimowym należy zapewnić, by temperatura podłoża (gruntu, skały), deskowania lub elementów konstrukcyjnych stykających się z sekcją przeznaczoną do betonowania nie spowodowała zamarzania betonu, zanim osiągnie on wystarczającą wytrzymałość, gwarantującą odporność betonu na zamarzanie
- jeżeli podczas układania betonu lub w okresie jego dojrzewania prognozowana jest temperatura otoczenia poniżej 0°C, należy zaplanować środki ostrożności zabezpieczające beton przed uszkodzeniem z powodu zamarzania
- jeżeli podczas układania betonu lub w okresie jego dojrzewania prognozowana jest wysoka temperatura otoczenia, należy zaplanować środki ostrożności zabezpieczające beton przed uszkodzeniami
- należy przewidzieć środki ostrożności przeciwdziałające uszkodzeniom, które mogą być spowodowane przez deszcz lub inną wodę opadową, która może wymywać cement i drobne frakcje kruszywa z mieszanki betonowej w trakcie betonowania
- wszystkie prace przygotowawcze powinny być zakończone, skontrolowane i udokumentowane zgodnie z wymaganą klasą wykonania przed rozpoczęciem betonowania.

##### 4.2.2. Układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej

Prowadzenie procesów układania i zagęszczania mieszanki betonowej powinno przede wszystkim zapewnić właściwą otulinę całego zbrojenia i wbudowanych wkładek oraz osiągnięcie przez beton założonej wytrzymałości i trwałości. Wymagana jest szczególna staranność w zapewnieniu właściwego zagęszczenia betonu w okolicach zmian przekrojów, w miejscach zwężeń, w rejonie wkładów skrzynkowych, przy gęstym ułożeniu zbrojenia i w miejscach przerw technologicznych. Należy wykluczyć możliwość segregacji mieszanki betonowej.

Szybkość układania i zagęszczania powinna być tak dostosowana, aby uniknąć tworzenia się zimnych złączy oraz aby uniemożliwić nadmierne osiadanie lub przeciążenie deskowania i rusztowania.

Podczas betonowania i zagęszczania beton należy chronić przed niekorzystnym działaniem promieniowania słonecznego, silnym wiatrem, zamarzaniem, wodą, deszczem i śniegiem.

Oprócz przedstawionych powyżej zaleceń ogólnych, norma PN-EN 13670 zwraca uwagę na najistotniejsze aspekty związane z układaniem i zagęszczaniem lekkiego betonu kruszywowego, betonu samozagęszczalnego, betonu natryskowego oraz układanego w deskowaniu ślizgowym i przy betonowaniu podwodnym. Konieczne wydaje się w tym miejscu przypomnienie dodatkowych wymagań dotyczących betonowania wynikających z normy PN-EN 206.

W rozdz. 5.2.9 określa ona „temperaturę mieszanki betonowej w czasie dostawy nie mniejszą niż 5°C”.

W rozdz. 7.5 dotyczącym zmiany składu mieszanki betonowej po zasadniczym procesie mieszania, a przed rozładunkiem, ustala, że:

Tablica 2. Klasy pielęgnacji [2]

	Klasa pielęgnacji 1	Klasa pielęgnacji 2	Klasa pielęgnacji 3	Klasa pielęgnacji 4
Czas [godziny]	12 <sup>a)</sup>	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
Procent wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach	Nie stosuje się	35%	50%	70%

<sup>a)</sup> Pod warunkiem, że wiązanie nie trwa dłużej niż 5 godzin, a temperatura powierzchni betonu jest równa +5°C lub wyższa

Tablica 3. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 2 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 35% określonej wytrzymałości charakterystycznej) [2]

Temperatura powierzchni betonu t [°C]	Minimalny okres pielęgnacji <sup>a)</sup> [dni]		
	Rozwój wytrzymałości na ściskanie <sup>c) d)</sup>		
	$r = (f_{cm2}/f_{cm28})$		
	szybki $r \geq 0,50$	średni $0,50 \geq r \geq 0,30$	wolny $0,30 \geq r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,0	1,5	1,5
$25 > t \geq 15$	1,0	2,5	5
$15 > t \geq 10$	1,5	4	8
$10 > t \geq 5$ <sup>b)</sup>	2,0	5	11

<sup>a)</sup> plus każdy okres wiązania przekraczający 5 godzin

<sup>b)</sup> zaleca się, aby w temperaturze poniżej +5°C czas pielęgnacji był wydłużony o czas, w którym temperatura jest poniżej +5°C

<sup>c)</sup> rozwój wytrzymałości betonu jest mierzony stosunkiem średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach, wyznaczonych w badaniach wstępnych lub na podstawie znanych właściwości betonu o porównywalnym składzie (patrz PN-EN 206)

<sup>d)</sup> w przypadku bardzo wolnego rozwoju wytrzymałości betonu, zaleca się, aby szczególne wymagania dla pielęgnacji były podane w specyfikacji wykonawczej

Tablica 4. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 3 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 50% określonej wytrzymałości charakterystycznej) [2]

Temperatura powierzchni betonu t [°C]	Minimalny okres pielęgnacji <sup>a)</sup> [dni]		
	Rozwój wytrzymałości na ściskanie <sup>c) d)</sup>		
	$r = (f_{cm2}/f_{cm28})$		
	szybki $r \geq 0,50$	średni $0,50 \geq r \geq 0,30$	wolny $0,30 \geq r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$25 > t \geq 15$	2,0	4	7
$15 > t \geq 10$	2,5	7	12
$10 > t \geq 5$ <sup>b)</sup>	3,5	9	18

<sup>a), b), c), d)</sup> odwołania jak w tablicy 3

Tablica 5. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 4 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 70% określonej wytrzymałości charakterystycznej) [2]

Temperatura powierzchni betonu t [°C]	Minimalny okres pielęgnacji <sup>a)</sup> [dni]		
	Rozwój wytrzymałości na ściskanie <sup>c) d)</sup>		
	$r = (f_{cm2}/f_{cm28})$		
	szybki $r \geq 0,50$	średni $0,50 \geq r \geq 0,30$	wolny $0,30 \geq r \geq 0,15$
$t \geq 25$	3	5	6
$25 > t \geq 15$	5	9	12
$15 > t \geq 10$	7	13	21
$10 > t \geq 5$ <sup>b)</sup>	9	18	30

<sup>a), b), c), d)</sup> odwołania jak w tablicy 3

- w zasadzie nie dopuszcza się zmian proporcji mieszanki po zasadniczym procesie mieszania,
- w szczególnych przypadkach, na odpowiedzialność producenta, można dodać domieszki, pigmenty, włókna lub wodę, pod warunkiem, że nie zostaną przekroczone wartości graniczne dopuszczone w specyfikacji, a w ramach Zakładowej Kontroli Produkcji istnieje udokumentowana procedura gwarantująca bezpieczną realizację takiego procesu,
- w przypadku dodawania wody kontrolę zgodności przeprowadza się na próbkach pobranych po tej modyfikacji,
- w każdym przypadku konieczne jest zapisanie w dowodzie dostawy ilości wody, domieszek, pigmentów lub włókien dodanych do betoniarki samochodowej.

W rozdz. 9.8 dotyczącym mieszania mieszanki betonowej wyjaśnia, w jaki sposób można to zrealizować – „w przypadku, gdy po zasadniczym procesie mieszania dodaje się domieszki, pigmenty, włókna lub wodę; mieszankę betonową należy powtórnie mieszać do momentu, gdy dodany składnik będzie całkowicie rozproszony w zarobie lub ładunku, a w przypadku domieszki, gdy osiągnie swoją pełną skuteczność. Zaleca się, aby po zasadniczym procesie mieszania czas trwania powtórnego mieszania w betoniarce samochodowej wynosił nie mniej niż 1 minuta/m<sup>3</sup> i nie mniej niż 5 minut po dodaniu domieszek lub włókien”. W tym samym miejscu zwrócono uwagę, przede wszystkim wykonawcy robót, że nie należy zmieniać składu mieszanki betonowej po jej usunięciu z betoniarki.

Krajowe uzupełnienie normy PN-EN 206-1 [7], czyli norma PN-B 06265:2004, w rozdz. 5.4. określa wymogi w zakresie czasu przerobu mieszanki betonowej: „jeżeli dostawca z odbiorcą nie uzgodnią inaczej, to w przypadku mieszanki betonowej nie zawierającej domieszek o działaniu opóźniającym, w temperaturze otoczenia atmosferycznego nie przekraczającej +20°C, betoniarki samochodowe należy całkowicie rozładować w czasie nie dłuższym niż 90 minut, licząc od chwili pierwszego kontaktu wody z cementem”. Ten zapis w szczególności dedykowany jest wykonawcom robót, bo to od nich zależy takie przygotowanie frontu robót, aby zdążyć z wbudowaniem betonu w wymaganym czasie.

#### 4.3. Pielęgnacja i ochrona betonu

Zważając na fakt, że czynności technologiczne związane z przygotowaniem betonowania, jak i bezpośrednio z betonowaniem, są tak samo ważne z punktu widzenia zapewnienia uzyskania oczekiwanych właściwości betonu, jak te, po zakończeniu formowania konstrukcji, norma PN-EN 13670 poświęca osobny, dość obszerny rozdział 8.5 zagadnieniom pielęgnacji i ochrony betonu we wczesnym okresie jego dojrzewania. Uzasadnia to w taki sposób:

- aby zminimalizować skurcz plastyczny
- aby zapewnić odpowiednią wytrzymałość powierzchniową
- aby zapewnić odpowiednią trwałość strefy powierzchniowej
- aby chronić przed szkodliwymi warunkami atmosferycznymi
- aby chronić przed zamarzaniem
- aby chronić przed szkodliwymi drganiami, uderzeniami lub uszkodzeniami.

Aby było możliwe zrealizowanie odpowiednich warunków ochrony, powinny one być określone w **specyfikacji wykonawczej** w odniesieniu do wymogów stawianych wykonywanej konstrukcji. Powinny zatem być określone **metody pielęgnacji** (ochrony) oraz **czas jej trwania** (klasa pielęgnacji).

Metody pielęgnacji powinny zapewniać niskie tempo odparowania wody z powierzchni betonu lub utrzymywać powierzchnię cały czas w stanie wilgotnym. Może to być:

- pozostawienie betonu w deskowaniach
- nawilżanie powierzchni betonu poprzez polewanie, a we wczesnej fazie dojrzewania wyłącznie poprzez zraszanie
- nawilżanie powierzchni betonu poprzez polewanie i zatrzymanie wody przy pomocy włókien

- zalewanie całej powierzchni betonu wodą i stałe utrzymywanie warstwy wody
- pokrycie powierzchni preparatami błonotwórczymi (żywicznymi lub parafinowymi)
- pokrycie arkuszami (pasmami) folii PE.

W czasie dojrzewania temperatura powierzchni betonu nie powinna spadać poniżej 0°C, dopóki powierzchnia betonu nie osiągnie wytrzymałości, przy której jest odporna na zamrażanie bez uszkodzeń ( $f_c \geq 5$  MPa). Z kolei najwyższa temperatura betonu wewnątrz elementu nie powinna przekraczać 70°C.

Czas trwania pielęgnacji powinien być funkcją rozwoju właściwości betonu w strefie powierzchniowej. Rozwój właściwości opisany jest przez **4 klasy pielęgnacji** definiowane za pomocą czasu pielęgnacji lub procentem wymaganej wytrzymałości charakterystycznej betonu na ściskanie po 28 dniach dojrzewania. Przedstawiono je w tablicy 2. Kolejne natomiast tablice nr 3, 4 i 5 przedstawiają minimalne czasy pielęgnacji w odpowiednich klasach pielęgnacji – 2, 3 i 4.

## 5. Podsumowanie

Istotą zaprezentowanego ciągu wzajemnych powiązań: projektant konstrukcji – producent betonu – wykonawca robót jest wzajemne zrozumienie i porozumienie. Mają przecież wspólny cel – zrealizowanie zadania dla inwestora, przy określonych przez niego wymaganiach. Nie powinno być tak, że któraś ze stron próbuje kosztem innej maksymalizować zysk swojej działki roboczej. Wszystkie operacje, począwszy od projektowania, poprzez produkcję i wykonawstwo, powinny podlegać optymalizacji w celu minimalizacji kosztów przy maksymalizacji efektów jakościowych, w tym przede wszystkim bezpieczeństwa konstrukcji. Niestety, proces optymalizacji przekracza często granice tolerowane przez kryteria normowe, a oparty jest na celowych działaniach obniżających jakość. Te z kolei wynikają z celowego braku przepływu prawdziwej informacji pomiędzy uczestnikami procesu inwestycyjnego. Skutkiem końcowym są częste reklamacje, uszkodzenia elementów lub nawet awarie czy katastrofy budowlane.

Bardzo ważne jest przede wszystkim właściwe określenie wymagań, które mają być spełnione. Zawiera je specyfikacja opracowy-

wana przez projektanta. Widać z wyżej zaprezentowanych danych, że specyfikujący powinien wykazać się dość dobrą znajomością nie tylko normy dotyczącej projektowania, ale także normy materiałowej dotyczącej betonu, czy również normy dotyczącej wykonawstwa – na ich podstawie ustala kryteria spełnienia narzuconych projektem wymagań. Idąc dalej, producent powinien znać kryteria determinujące działanie wykonawcy, ale niekoniecznie musi znać dokładnie podstawy projektowe do realizowanego projektu. Wykonawca z kolei powinien otrzymać od projektanta zestaw wymogów i od producenta gotowy wyrób spełniający wymagania (dla betonu projektowanego) i niekoniecznie musi znać wszystkie szczegóły warsztatu projektowego projektanta czy warsztatu technologicznego producenta betonu. Widać zatem, jak istotne jest przygotowanie precyzyjnej i kompletnej specyfikacji, a ten element procesu przygotowania inwestycji niestety najczęściej jest wadliwy – oparty na nieaktualnej wiedzy czy nieaktualnych normach, często niespójny lub wręcz sprzeczny w kolejnych zapisach. Utrudnia wtedy zasadniczo możliwość sformułowania przez wykonawcę robót właściwej, precyzyjnej specyfikacji/zamówienia.

**dr inż. Grzegorz Bajorek**  
**Politechnika Rzeszowska**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**przy Politechnice Rzeszowskiej**  
**mgr inż. Marta Kiernia-Hnat**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**przy Politechnice Rzeszowskiej**

## Literatura

- 1 PN-EN 206:2014 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 2 PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji betonowych
- 3 PN-B-06250:1988 Beton zwykły
- 4 PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- 5 PN-B 06265:2004 Krajowe uzupełnienia PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- 6 PN-EN 1990:2004 Eurokod. Podstawy projektowanie konstrukcji
- 7 PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność



**CENTRUM TECHNOLOGICZNE BUDOWNICTWA  
 PRZY POLITECHNICE RZESZOWSKIEJ Sp. z o.o.**



## Laboratorium badawcze akredytowane przez PCA, nr AB 535

- Badania betonu - mieszanka betonowa
- Badania betonu - beton stwardniały
- Badania wstępne betonu
- Badania gruntów stabilizowanych spoiwami
- Badania zapraw
- Badania podkładów podłogowych
- Badania kontrolne surowców – kruszywa
- Badania kontrolne surowców – cement
- Badania geotechniczne
- Badania domieszek do betonu
- Badania wyrobów betonowych, badania typu
- Badania kanałów odwadniających nawierzchnię
- Badania kamienia naturalnego
- Pełna obsługa laboratoryjna Producenta betonu towarowego
- Pełna obsługa laboratoryjna dla Wykonawcy i dla Nadzoru
- Ekspertyzy i opinie budowlane



AB 535



www.ctb-prz.pl  
 e-mail: ctb@ctb-prz.pl  
 tel.: +48 17 864 04 50, fax: +48 17 864 04 51

Centrum Technologiczne Budownictwa  
 przy Politechnice Rzeszowskiej Sp. z o.o.  
 ul. Przemysłowa 23  
 35-105 Rzeszów