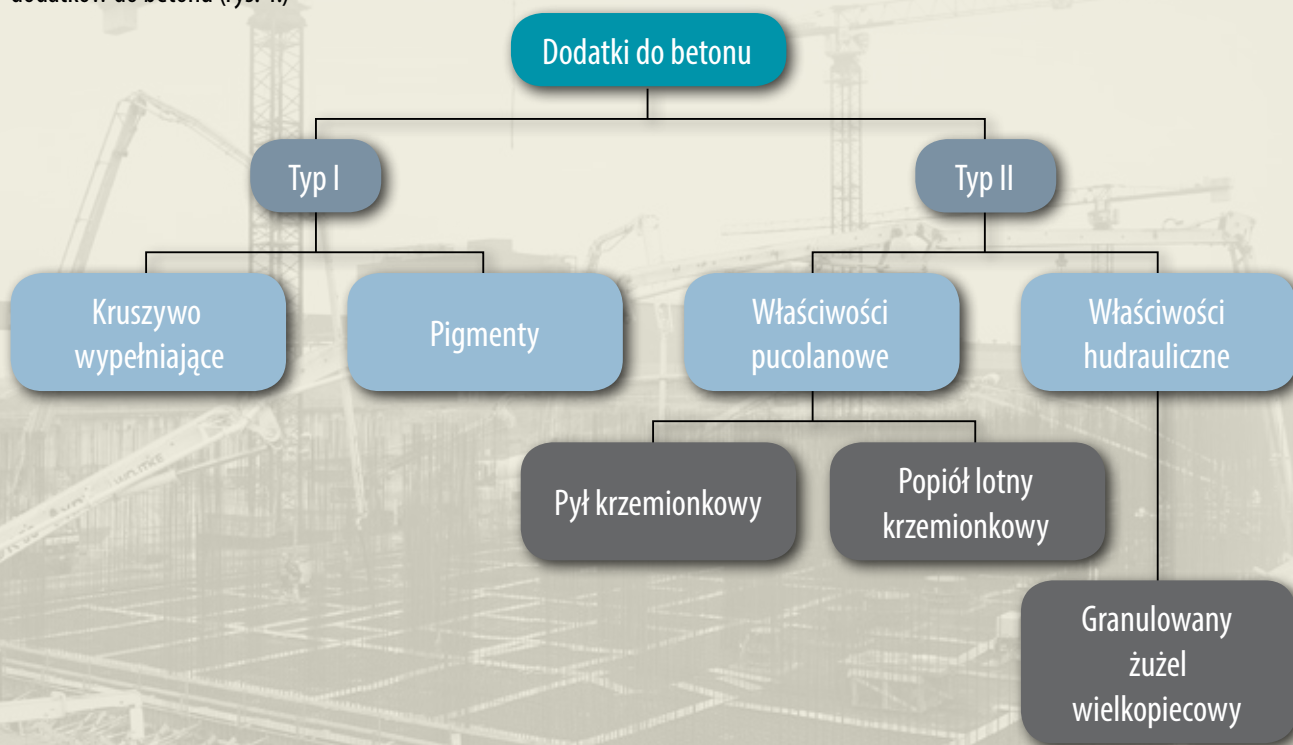


**DODATEK** to drobnoziarnisty nieorganiczny składnik stosowany w celu poprawy pewnych właściwości lub uzyskania właściwości specjalnych betonu (dodawany zazwyczaj w ilości powyżej 5 % masy cementu). Dodatek może w znaczący sposób modyfikować właściwości, zarówno mieszanki betonowej, jak i stwardniałego betonu. Norma PN-EN 206:2014 wyróżnia 2 typy dodatków do betonu (rys. 1.)



Rys. 1. Dodatki do betonu wg PN-EN 206:2014


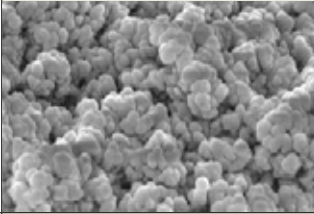

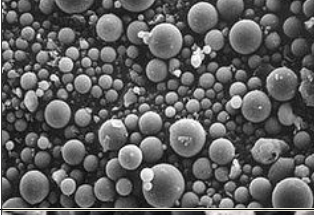


Ogólną przydatność dodatków do betonu ustala się w zależności od typu i rodzaju dodatku zgodnie z tabelą 1.

Tabela 1. Dodatki do betonu wg PN-EN 206:2014

Dodatki typu I		
Ogólną przydatność ustala się zgodnie z:		
Kruszywo wypełniające	<b>PN-EN 12620+A1:2010</b> Kruszywa do betonu	
	<b>PN-EN 13055-1:2003</b> Kruszywa lekkie - Część 1: Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy	
Pigmenty	<b>PN-EN 12878:2014</b> Pigmenty do barwienia materiałów budowlanych opartych na cemencie i/lub wapnie - Wymagania i metody badań	

## Dodatki typu II

Ogólną przydatność ustala się zgodnie z:

Pył krzemionkowy	<b>PN-EN 13263-1:2010</b> Pył krzemionkowy do betonu - Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności		
Popiół lotny	<b>PN-EN 450-1:2012</b> Popiół lotny do betonu - Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności		
Mielony granulowany żużel wielkopiecowy	<b>PN-EN 15167-1:2007</b> Mielony granulowany żużel wielkopiecowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie - Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności		

Dodatki można uwzględnić w składzie betonu w ramach zawartości cementu oraz wartości współczynnika w/c. Przydatność i ilość dodatków do betonu powinna być oceniana i dobrana na podstawie badań wstępnych.

Norma PN-EN 206:2014 dopuszcza do stosowania 3 możliwe koncepcje uwzględnienia dodatków typu II w składzie betonu:

- koncepcja współczynnika k,
- koncepcja równoważnych właściwości użytkowych (ECPC),
- koncepcja kombinacji równoważnych właściwości (EPCC).

W przypadku dodatków typu II do ustalenia ilości dodatku w składzie betonu zaleca się stosowanie koncepcji współczynnika k – tabela 2. Jest to koncepcja najbardziej rozpowszechniona i najczęściej stosowana przez krajowych producentów betonu.

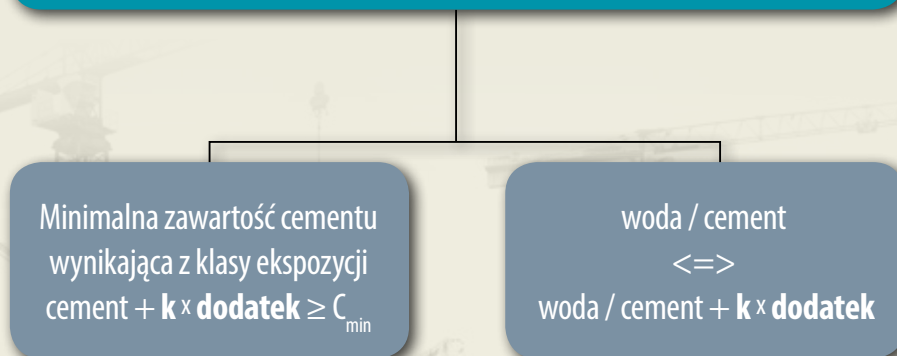
Tabela 2. Zasady stosowania dodatków do betonu zgodnie z koncepcją współczynnika k

Rodzaj dodatku typu II	Współczynnik „k”	Maksymalna zawartość dodatku	Uwagi
Pył krzemionkowy	2,0	pył krzemionkowy /cement ≤11%	ilość cementu nie powinna być zmniejszona o więcej niż 30 kg/m <sup>3</sup>
	1,0 w klasach ekspozycji XA, XF przy w/c < 0,45		
Popiół lotny krzemionkowy	0,4	popiół lotny /cement ≤ 33%	dotyczy cementu CEM I
		popiół lotny /cement ≤ 25%	dotyczy cementu CEM II/A
Granulowany żużel wielkopiecowy	0,6	żużel wielkopiecowy /cement ≤ 1,0	dotyczy cementów CEM I i CEM II/A

Zalecana koncepcja współczynnika k opiera się na porównaniu betonu referencyjnego z betonem, w którym część cementu zastąpiona została dodatkami. Kryterium porównawczym jest trwałość lub, dopuszczona jako kryterium zastępcze, wytrzymałość betonu.

Koncepcja współczynnika k pozwala na uwzględnienie dodatku poprzez zastąpienie współczynnika w/c współczynnikiem  $w/(c+k \times d)$  – rys. 2, gdzie d – ilość dodatku. Ponadto należy spełnić warunek minimalnej zawartości cementu  $(c+k \times d)$  wymaganej ze względu na klasę ekspozycji.

## Stosowanie dodatków typu II do betonu wg koncepcji współczynnika "k"



Rys. 2. Stosowanie koncepcji współczynnika k wg PN-EN 206:2014

Dodatki typu II stosowane do betonu zgodnie z normą PN-EN 206:2014 muszą spełniać wymagania norm przedmiotowych (tabela 1). Wymagania przedstawiono w tabelach 3-7.

Tabela 3. Wymagania w zakresie składu chemicznego popiołu lotnego

Składnik	Zawartość składnika [%]	
	Popiół otrzymywany wyłącznie przez spalanie węgla	Popiół otrzymywany przez współspalanie
Straty prażenia: • <b>kategoria A</b> • <b>kategoria B</b> • <b>kategoria C</b>		≤ 5,0 ≤ 7,0 ≤ 9,0
Chlorki		≤ 0,10
SO <sub>3</sub>		≤ 3,0
CaO <sub>wolny</sub>		≤ 1,5 <sup>1)</sup>
CaO <sub>reaktywny</sub>		≤ 10,0
SiO <sub>2</sub> reaktywny	Określenie zawartości nie jest konieczne  Należy przyjąć, że wymaganie jest spełnione	≥ 25,0
Sumaryczna zawartość tlenków: SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		≥ 70,0
Zawartość MgO		≤ 4,0
Całkowita zawartość alkaliów w przeliczeniu na Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub>		≤ 5,0
Zawartość rozpuszczalnych związków fosforu w przeliczeniu na P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		≤ 100 mg/kg

1) Popiół lotny, w którym zawartość wolnego CaO ≥ 1,5% masy może być akceptowany pod warunkiem zachowania stałości objętości – próba Le Chateliera ≤ 10 mm wg metodyki podanej w normie PN-EN 450-1:2012

Tabela 4. Wymagania w zakresie właściwości fizycznych popiołu lotnego

Właściwość		Wymagania
Miałość, pozostałość na sicie o oczkach 45 µm przy przesiewaniu na mokro wg PN-EN 451-2:1998, [%] • <b>kategoria N</b> • <b>kategoria S</b>		≤ 40 ≤ 12
Wskaźnik aktywności [%]	po 28 dniach po 90 dniach	≥ 75 ≥ 85
Stałość objętości (badanie jest konieczne, gdy zawartość CaO <sub>wolne</sub> jest wyższa niż 1,5%)		maks. 10 mm
Gęstość objętościowa		maksymalna różnica ± 200 kg/m <sup>3</sup> w stosunku do wartości zadeklarowanej przez producenta
Początek czasu wiązania zaczynu zawierającego 25% popiołu i 75% cementu portlandzkiego CEM I		nie powinien być dwukrotnie dłuższy niż początek wiązania zaczynu wykonanego w 100% z cementu porównawczego
Wodoządnosc (dotyczy popiołu o miałości w kategorii S)		≤ 95% wodoządnosci cementu porównawczego (CEM I)

Tabela 5. Wymagania w zakresie właściwości pyłu krzemionkowego

Właściwość	Wymagania
Powierzchnia właściwa [m <sup>2</sup> /g]	od 15 do 35
Strata prażenia [%]	≤ 4,0
SiO <sub>2</sub> [%]	kat.1 ≥ 85,0   kat.2 ≥ 80,0
Cl <sup>-</sup> [%]	≤ 0,30
SO <sub>3</sub> [%]	≤ 2,0
CaO wolny [%]	≤ 1,0
Si wolny [%]	≤ 0,4
Wskaźnik aktywności po 28 dniach [%] (90% cementu CEM I 42,5 i 10% pyłu)	≥ 100

Tabela 6. Wymagania w zakresie składu chemicznego dla mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego

Składnik	Zawartość składnika [%]
MgO	≤ 18,0
Siarczany	≤ 2,5
Siarczki	≤ 2,0
Straty prażenia, z poprawką na utlenianie siarczków	≤ 3,0
Chlorki <sup>1)</sup>	≤ 0,10
Zawartość wilgoci	≤ 1,0

1) Mielony żużel wielkopiecowy może zawierać więcej niż 0,10% chlorków – w takim przypadku informację o faktycznej zawartości chlorków należy podać na opakowaniu lub dokumentach dostawy.

Tabela 7. Wymagania w zakresie właściwości fizycznych dla mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego

Właściwość	Wymagania
Powierzchnia właściwa	≥ 2750 cm <sup>2</sup> /g
Początek czasu wiązania <sup>1)</sup>	nie powinien być dwukrotnie dłuższy niż początek czasu wiązania zaczynu wykonanego w 100% z masy cementu porównawczego
Wskaźnik aktywności po 7 dniach <sup>2)</sup> po 28 dniach <sup>2)</sup>	≥ 45% ≥ 70%

1) Początek wiązania należy określać dla kombinacji 50% (masowo) mielonego żużla wielkopiecowego i 50% (masowo) cementu

2) Wskaźnik aktywności należy określać jako stosunek wytrzymałości na ściskanie kombinacji 50% (masowo) mielonego żużla wielkopiecowego i 50% (masowo) cementu, do wytrzymałości na ściskanie cementu porównawczego użytego do badań.

Do oznaczenia początku czasu wiązania i wskaźnika aktywności należy stosować cement portlandzki CEM I klasy 42,5 lub wyższej spełniający dodatkowo wymagania: powierzchnia właściwa ≥ 3000 cm<sup>2</sup>/g, zawartość glinianu trójwapiennego C<sub>3</sub>A od 6% do 12%, zawartość alkaliów Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> od 0,5% do 1,2%.