

Załącznik do uchwały Nr 1122/2017  
Zarządu Spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.  
z dnia 21 listopada 2017 r.



**PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.**

**DOKUMENT NORMATYWNY**

**01-10/ET/2017**

**Fundamenty konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej**

**let-112**

Warszawa 2017

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Właściciel: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Wydawca: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Centrala Biuro Energetyki ul. Targowa 74, 03-734

Warszawa tel. 022 47 320 72 [www.plk-sa.pl](http://www.plk-sa.pl), e-mail: [ien@plk-sa.pl](mailto:ien@plk-sa.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone. Modyfikacja, wprowadzanie do obrotu, publikacja, kopiowanie i dystrybucja w celach komercyjnych, całości lub części instrukcji, bez uprzedniej zgody

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – są zabronione.

## Spis treści

1. Wstęp .....	5
2. Cel .....	5
3. Przedmiot dokumentu .....	5
4. Wymagania ogólne .....	6
5 Fundamenty prefabrykowane .....	6
5.1 Odmiany fundamentów .....	6
5.2 Materiały do produkcji .....	7
5.3 Wykonanie .....	7
5.4 Kształt i wymiary fundamentów .....	8
5.5 Wygląd zewnętrzny .....	8
5.6 Wytrzymałość betonu na ściskanie .....	9
5.7 Nasiąkliwość wagowa betonu .....	9
5.8 Stopień mrozoodporności .....	9
5.9 Średnice prętów .....	9
5.10 Oznakowanie wyrobu .....	9
6. Badania fundamentów prefabrykowanych .....	10
6.1 Program badań .....	10
6.2 Przygotowanie partii do badań .....	11
6.3 Pobieranie próbek .....	11
6.4 Opis badań .....	11
6.5 Ocena badań .....	15
6.6 Oświadczenie producenta o jakości wyrobu .....	17
7 Fundamenty palowe .....	17
7.1 Zastosowanie .....	17
7.3 Materiały do produkcji .....	20
7.4 Wygląd zewnętrzny .....	22
7.5 Wytrzymałość betonu na ściskanie .....	22
7.6 Nasiąkliwość wagowa betonu .....	22
7.7 Stopień mrozoodporności betonu .....	22
7.8 Wodoprzepuszczalność betonu .....	22
7.9 Nośności graniczne na zginanie fundamentów palowych .....	22
7.10 Oznakowanie wyrobu .....	23
7.11 Pakowanie .....	23

7.12 Przechowywanie.....	24
7.13 Transport .....	24
8. Badania fundamentów palowych .....	24
8.1 Rodzaje i częstotliwość prowadzenia badań .....	24
8.2 Program badań .....	24
8.3 Badania kontrolne.....	25
8.4 Badania okresowe i badania typu .....	25
8.5 Opis badań fundamentów palowych .....	26
9. Dokumenty związane.....	33

## **1. Wstęp**

Sieć trakcyjna jest elementem elektrycznego obwodu zasilania pojazdów trakcyjnych w energię. Jest konstrukcją przestrzenną wywieszoną nad torami kolejowymi. Sieć jest zamocowana do konstrukcji wsporczych słupowych stalowych lub żelbetonowych. Każda konstrukcja wsporcza posiada betonowy fundament, osadzony w gruncie. Fundamenty – ich wykonanie i montaż, udoskonalano w miarę rozwoju techniki budowlanej. W niniejszym dokumencie zawarte zostały wymagania techniczne i zakres badań dla fundamentów prefabrykowanych ustawianych w wykopach i fundamentów palowych wbijanych w grunt przy użyciu kafarów. Technologia mocowania konstrukcji wsporczych w fundamentach prefabrykowanych polega na wkładaniu słupa w otwór fundamentu i zasklepieniu mieszanką betonową, mocowanie zaś słupów do fundamentów palowych polega na połączeniu śrubowym stopy słupa z głowicą fundamentową. Do roku 2003 fundamenty prefabrykowane unormowane były szczegółowymi postanowieniami normy branżowej. Fundamenty produkowane są w oparciu o Aprobaty Techniczne (lub dokument o innej nazwie, określający pełny zakres wymogów dla fundamentów). Rysunki fundamenty wraz z wymiarami ujęte są w opracowanym przez CBPBBK KOLPROJEKT - Warszawa *Katalogu Sieci Trakcyjnej*.

## **2. Cel**

Niniejszy Dokument Normatywny ustala kryteria techniczne wymagane w fazie projektowania, badań i odbioru fundamentów konstrukcji wsporczych kolejowej sieci trakcyjnej.

## **3. Przedmiot dokumentu**

Przedmiotem dokumentu są betonowe lub żelbetowe fundamenty do mocowania konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej. Posadawianie fundamentów w gruncie odbywa się na etapie budowy (lub remontu) sieci trakcyjnych. Warunki eksploatacji fundamentów odpowiadają warunkom pracy sieci w klimacie umiarkowanym w temperaturach od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+40^{\circ}\text{C}$ , przy występujących opadach atmosferycznych, szadzi, zapyleniu i zanieczyszczeniach przemysłowych. Parametry techniczne stawiane fundamentom palowym podają ich producenci z uwzględnieniem odpowiedniej klasy ekspozycji (agresywność środowiska) zgodnie z normą PN-EN 2014:04 [31].

## 4. Wymagania ogólne

Fundamenty stosowane w sieci trakcyjnej powinny odpowiadać wymaganiom technicznym zawartym w niniejszym Dokumencie. Szczegółowe wymagania konstrukcyjne fundamentów, powinny być przyjmowane przez konstruktorów w procesie projektowania i wykonawstwa, uwzględniając warunek zachowania pełnej kompatybilności pod względem wymiarowym, materiałowym, wytrzymałościowym z konstrukcjami wsporczymi stosowanymi w PKP Polskie Linie kolejowe S.A. Dokumentację konstrukcyjną i przeznaczenie fundamentów w sieci producent zobowiązany jest przedstawić w procesie certyfikacji/uzyskania dopuszczenia do eksploatacji. Producent zobowiązany jest do ciągłego nadzorowania jakości zgodnie z przyjętym systemem zapewnienia jakości wyrobu.

System zarządzania jakością powinien umożliwiać identyfikację dostaw podstawowego materiału wykorzystywanego do produkcji, oraz identyfikację fundamentów. Prowadzona dokumentacja powinna być czytelna i datowana, oraz umożliwić jednoznaczne odniesienie do fundamentów, których dotyczy. Dane mogą być przechowywane w formie dokumentu lub w postaci zapisu cyfrowego.

## 5 Fundamenty prefabrykowane

### 5.1 Odmiany fundamentów

1. Fundamenty betonowe, prefabrykowane posadawiane w wykopie. Fundamenty odmiany „P” przeznaczone są do mocowania konstrukcji wsporczych kolejowej sieci trakcyjnej. Ich wymiary są następujące:
  - a) 120 x 100 x 170 cm [nr kat. 23-1422, wykonanie 1],
  - b) 120 x 100 x 200 cm [nr kat. 23-1422, wykonanie 2],
  - c) 120 x 100 x 230 cm [nr kat. 23-1422, wykonanie 3],
  - d) 120 x 100 x 260 cm [nr kat. 23-1422, wykonanie 4],
  - e) 120 x 100 x 220 cm [nr kat. 23-1462, wykonanie 1].
2. Do mocowania odciągów konstrukcji wsporczej sieci trakcyjnej przeznaczone są fundamenty betonowe, prefabrykowane:
  - a) fundament odciążu o wymiarach: 110 x 170 x 130 cm [nr kat. 23-1411, wykonanie 1],
  - b) fundamenty odmiany „K” (oblewane) o wymiarach:
    - 110 x 170 x 130+10 cm [nr kat. 23-1451 wykonanie 1],
    - 140 x 200 x 130+10 cm (oblanie 130 cm) [nr kat. 23-1451 wykonanie [2],

- 200 x 200 x 130+10 cm (oblanie min 80 cm) [nr kat. 23-1451 wykonanie 3].

3. Wymagania materiałowe, użytkowe i zakres badań fundamentów prefabrykowanych zawarte zostały w normie [1].

## 5.2 Materiały do produkcji

1. Materiały do produkcji fundamentów nie powinny ulegać degradacji podczas planowej eksploatacji sieci - tracić własności mechanicznych i ulegać korozji atmosferycznej. Materiały powinny być obojętne dla środowiska i podatne do utylizacji po okresie eksploatacji fundamentów. Materiały powinny być dobrane pod kątem wymagań nowoczesnych metod technologii produkcji.

2. Do wyrobu fundamentów należy stosować materiały:

a) cement portlandzki klasy nie niższej niż 32,5 R odpowiadający wymaganiom normy [2], w ilości zapewniającej wytrzymałość betonu podaną w dokumentacji technicznej,

b) kruszywo:

– piasek zwykły 0 – 2 mm według normy [3] PN-EN 12620:2004,

– żwir wielofrakcyjny, frakcji 2 – 8 mm, według normy [3],

– żwir jednofrakcyjny, frakcji 8 – 16 mm, według normy [3],

– żwir wielofrakcyjny, frakcji 2-16 mm, według normy [3]

c) wodę - odpowiadającą wymaganiom normy [4],

d) pręty i haki montażowe ze stali gładkiej o  $R_m \geq 290 \text{ N/mm}^2$  i  $R_{eH} \geq 185 \text{ N/mm}^2$  (np. ze stali gatunku S185) zgodnie z dokumentacją techniczną i powinna odpowiadać wymaganiom normy [5],

e) dodatki nie zawierające domieszek organicznych, jak również nie wpływających ujemnie na wytrzymałość i trwałość betonu.

## 5.3 Wykonanie

### 5.3.1 Mieszanka betonowa.

Do produkcji fundamentów należy stosować mieszankę betonową o konsystencji gęstoplastycznej. Zagęszczenie betonu powinno być wykonywane za pomocą wibrowania wg normy [6]. Sposób i czas wibrowania powinny być dokładnie przestrzegane przy produkcji. Dopuszcza się zagęszczenie ręczne mieszanki betonowej w fundamentach wykonywanych z betonu niezbrojonego.

### 5.3.2 Dojrzewanie i pielęgnacja.

1. Dojrzewanie betonu w fundamentach prefabrykowanych może się odbywać w warunkach naturalnych lub sztucznych. Przy naturalnym dojrzewaniu betonu fundamenty powinny pozostawać na podkładach do czasu osiągnięcia wytrzymałości betonu minimum  $0,7 R_w$ . Po 24 godz. od chwili uformowania fundamenty powinny być zraszane wodą. W okresie letnim zraszanie powinno być intensywne w ciągu 3 dni od uformowania, a przez następne 3 dni powinno być wykonywane minimum jeden raz w ciągu dnia.
2. Przy stosowaniu sztucznego dojrzewania betonu w parze niskoprężnej, sposób naparzania powinien być dokładnie ustalony w zależności od miejscowych warunków produkcji i stosowanych materiałów. Fundamenty po ostudzeniu powinny być obficie zroszone wodą. Dalsze zraszanie wodą fundamentów naparzanych nie jest konieczne.

### **5.3.3 Zbrojenie fundamentu**

Zbrojenie powinno być wykonane zgodnie z dokumentacją.

### **5.4 Kształt i wymiary fundamentów**

1. Kształt i wymiary fundamentów powinny być zgodne z dokumentacją techniczną.
2. Dopuszczalne odchyłki wymiarowe nie powinny przekraczać:
  - a) dla wysokości:  $\pm 10\text{mm}$ ,
  - b) dla przekroju poprzecznego:  $\pm 5\text{mm}$ .

### **5.5 Wygląd zewnętrzny**

1. Powierzchnie fundamentów powinny być gładkie, bez raków, pęknięć, rys i miejsc niedowibrowanych oraz obcych ciał w betonie. Dopuszcza się drobne pory jako pozostałości po pęcherzykach powietrza i po wodzie, których głębokość nie przekracza 5 mm. Ponadto dopuszcza się drobne wyszczerbienia krawędzi o głębokości do 10 mm i długości 100 mm w liczbie 4 sztuki na 1 m fundamentu, przy czym na jednej krawędzi nie może być więcej niż trzy wyszczerbienia. Zacieranie fundamentów po wyjęciu ich z formy jest niedopuszczalne.
2. Dopuszczalne oraz niedopuszczalne wady oraz uszkodzenia prefabrykowanych fundamentów betonowych podano w tablicy 1.



Tablica 1 Dopuszczalne wady i uszkodzenia

Lp.	Określenie wad i uszkodzeń	Wielkość wad i uszkodzeń
1	Rysy otwarte lub pęknięcia	Niedopuszczalne
2	Rysy włoskowate (skurczowe) do 0,1 mm rozwartości:	
	a) poprzeczne	Na $\frac{1}{4}$ długości w 4 miejscach lub 1 rysa na całej długości jednej ściany
	b) podłużne	Na $\frac{1}{3}$ długości w 2 miejscach na jednej ścianie
	c) poprzeczne i podłużne krzyżujące	Niedopuszczalne
3	Ciała obce	Niedopuszczalne
4	Skupienia cementu, piasku lub kruszywa	W 2 miejscach o łącznej powierzchni nie większej niż 2% powierzchni
5	Wyszczerbienia krawędzi	W 1 miejscu na 0,1 długości
6	Odstłonięcia zbrojenia	Niedopuszczalne

### 5.6 Wytrzymałość betonu na ściskanie

Wytrzymałość betonu na ściskanie po 28 dniach, użytego do wyrobu prefabrykowanych fundamentów powinna odpowiadać klasie co najmniej C30/37.

### 5.7 Nasiąkliwość wagowa betonu

Nasiąkliwość wagowa betonu użytego do produkcji fundamentów nie powinna przekraczać 5%.

### 5.8 Stopień mrozoodporności

Stopień mrozoodporności betonu powinien odpowiadać co najmniej klasie F100.

### 5.9 Średnice prętów

Średnice prętów i usytuowanie zbrojenia powinno być zgodne z dokumentacją techniczną. Grubość otuliny prętów zbrojenia betonem od zewnątrz powinno wynosić co najmniej 25 mm. Pręty zbrojenia powinny mieć średnice i kształt zgodnie z dokumentacją techniczną. Dopuszczalne odchylenie osi pręta w przekroju poprzecznym od wymiaru przewidzianego w dokumentacji technicznej może wynosić maksimum  $\pm 5$  mm.

### 5.10 Oznakowanie wyrobu

Każdy wyprodukowany fundament należy oznakować w sposób czytelny i trwały na górnej powierzchni widocznej po posadowieniu w gruncie. Wysokość liter powinna wynosić minimum 30 mm, głębokość tłoczenia – minimum 5 mm. Cecha powinna zawierać kolejno:

- a) znak wytwórni,
- b) symbol fundamentu (typ, odmiana),
- c) datę produkcji.

## **6. Badania fundamentów prefabrykowanych**

### **6.1 Program badań**

Do badań prefabrykowanych fundamentów betonowych stosuje się statystyczną kontrolę jakości zgodnie z normą [7] przyjmując: plan badania jednostopniowy, akceptowany poziom jakości 4% oraz poziom kontroli ogólny II.

#### **6.1.1 Badania kontrolne (niepełne)**

Badania niepełne obejmują:

- a) sprawdzenie materiałów,
- b) sprawdzenie kształtu i wymiarów,
- c) sprawdzenie wyglądu zewnętrznego.

Badania niepełne powinny być wykonywane u wytwórcy przy każdym odbiorze fundamentów.

#### **6.1.2 Badania pełne**

Badania pełne obejmują:

- a) sprawdzenie materiałów,
- b) sprawdzenie nasiąkliwości betonu,
- c) sprawdzenie mrozoodporności betonu,
- d) sprawdzenie średnicy prętów i usytuowania zbrojenia,

Badania pełne powinny być wykonywane u wytwórcy lub w upoważnionych zakładach naukowo-badawczych w następujących przypadkach:

- a) przy wprowadzaniu zmian technologicznych i materiałowych,
- b) przy wznowieniu produkcji po przerwie trwającej więcej niż trzy miesiące,
- c) okresowo co sześć miesięcy,
- d) przy wprowadzaniu zmian konstrukcyjnych.

## 6.2 Przygotowanie partii do badań

W skład partii przeznaczonej do odbioru powinny wchodzić fundamenty jednego typu. Przedstawione do odbioru fundamenty powinny być oznaczone znakiem kontroli technicznej. Wielkość partii nie powinna przekraczać 400 sztuk.

## 6.3 Pobieranie próbek

Z przedstawionej do badań partii fundamentów należy pobrać w sposób losowy wg normy [8] liczbę próbek podaną w tablicy 2.

Tablica 2

Liczność partii [sztuk]	Liczność próbki poddana badaniom	
	niepełnym	pełnym
	sztuk	
5 ÷ 25	5	3
26 ÷ 63	10	5
64 ÷ 160	15	7
161 ÷ 400	25	10

## 6.4 Opis badań

### 6.4.1 Sprawdzenie materiałów

Materiały do sprawdzenia:

1. Cement – sprawdzenie polega na skontrolowaniu atestów na cement oraz stwierdzeniu prowadzenia przez producenta kontroli technicznej dotyczącej oznaczania:
  - a) czasów wiązania – aparatem Vicata zgodnie z normą [9],

- b) konsystencji normowej.
2. Kruszywo – sprawdzenie polega na skontrolowaniu atestów na kruszywo oraz stwierdzeniu prowadzenia przez producenta kontroli technicznej dotyczącej oznaczania:
- a) składu ziarnowego – metodą na sucho lub mokro polegającą na rozdzielaniu kruszywa na frakcje poprzez przesianie (na sucho lub mokro) przez zestaw sit kontrolnych o znormalizowanych wielkościach oczek kwadratowych i ustaleniu procentowego udziału masy poszczególnych frakcji w badanej próbce zgodnie z normą [10],
  - b) kształtu ziaren – metodą polegającą na określeniu procentowego udziału w kruszywie masy ziaren nieforemnych, wydzielonych z próbki w wyniku pomiarów ziaren za pomocą suwmiarki Schulza zgodnie z normą [11],
  - c) zawartość pyłów mineralnych poprzez określenie procentowego udziału w kruszywie masy ziaren mniejszych niż 0,063 mm w wyniku rozdzielania ich na podstawie zróżnicowanej szybkości grawitacyjnego opadania w ośrodku ciekłym zgodnie z normą [10].
3. Stal zbrojeniowa – sprawdzenie polega na skontrolowaniu atestów hutniczych, tzn. czy stal danego gatunku spełnia wymagania odpowiadającej normy.

#### **6.4.2 Sprawdzenie kształtu i wymiarów**

Sprawdzenie kształtu i wymiarów fundamentów należy przeprowadzać za pomocą przymiaru z podziałką milimetrową z dokładnością do 1 mm zgodnie z normą [12]. Pomiar długości, szerokości i grubości należy wykonać w trzech miejscach, przy krawędziach i w środku elementu. Średnia wartość tych pomiarów daje wartość mierzoną.

#### **6.4.3 Sprawdzenie wyglądu zewnętrznego**

Sprawdzenie wyglądu zewnętrznego należy wykonać okiem nieuzbrojonym, przez oględziny powierzchni fundamentów w celu stwierdzenia, czy fundamenty nie mają raków, pęknięć i rys. Badania uszkodzeń wyszczerbień i porów na powierzchniach i krawędziach fundamentów należy przeprowadzać przez oględziny i pomiary wykonywane za pomocą taśmy stalowej i przymiaru z podziałką milimetrową z dokładnością do 1 mm oraz szczelinomierza lub klina pomiarowego.

#### 6.4.4 Sprawdzenie wytrzymałości betonu na ściskanie

Sprawdzenie wytrzymałości betonu na ściskanie należy przeprowadzać zgodnie z normą [13], przyjmując do badań próbki sześciennie o wymiarze boku 150 mm i ustalając wytrzymałość każdej z nich z dokładnością do 0,1 MPa ze wzoru:

$$F_c = \frac{F}{A_c} [\text{MPa}]$$

w którym:

F – maksymalne obciążenie przy zniszczeniu [N],

A<sub>c</sub> – pole przekroju poprzecznego próbki [mm<sup>2</sup>].

#### 6.4.5 Sprawdzenie nasiąkliwości wagowej betonu

Nasiąkliwość betonu określa się na próbkach sześciennych o wymiarze boku 150 mm, pobranych przy stanowisku betonowania, po 28 dniach dojrzewania. Liczba próbek do jednego oznaczania nasiąkliwości nie powinna być mniejsza niż 3. Próbki przechowywane są w warunkach takich, jak próbki do badania wytrzymałości na ściskanie i rozpoczyna badanie po 28 dniach dojrzewania. Badanie próbek obejmuje następujące czynności:

- a) ułożenie próbek w naczyniu wannowym, tak aby wysokość ułożonej próbki nie przekraczała 200 mm, podstawa zaś nie stykała się dnem naczynia (podpórki grubości co najmniej 10 mm),
- b) wlanie wody do naczynia, do poziomu tak, aby wysokość słupa wody nad próbkami wynosiła minimum 20 mm; temperatura wody 20±5 [°C],
- c) po 72 godzinach wyjęcie próbek z wody i po dokładnym wytarciu powierzchni zważenie z dokładnością do 0,2%; nasycanie trwa tak długo, aż dwa kolejne wyniki ważenia wykonane w odstępie 24 godzin nie wykażą przyrostu masy większego niż 0,1%,
- d) umieszczenie nasyconych całkowicie próbek w suszarce o temperaturze 105±5[°C] i suszenie co najmniej 3 doby do momentu osiągnięcia stałej masy; przyjmuje się, że próbka osiągnęła stałą masę, jeżeli dwa kolejne wyniki ważenia wykonane w odstępie 24 godzin nie wykażą przyrostu masy większego niż 0,1%.

Obliczenie nasiąkliwości betonu, z dokładnością do 0,1%, wylicza się ze wzoru:

$$n_w = \frac{M_2 - M_1}{M_1} 100 [\%]$$

w którym:

$M_1$  – średnia masa próbek suchych [g],

$M_2$  – średnia masa próbek nasyconych wodą [g].

#### 6.4.6 Sprawdzenie mrozoodporności

1. Przyjęta metoda badania uwzględnia zarówno stopień wewnętrznego zniszczenia betonu, charakteryzowany przez wytrzymałość próbki, jak również destrukcje zewnętrzne, określone wizualnie oraz na podstawie ubytku masy. Cykle zamrażania i odmrażania polegają na kolejnym zamrażaniu całej próbki w powietrzu i odmrażaniu jej w wodzie przy okresie trwania pełnego cyklu co najmniej 6 godzin. Badania wykonuje się na 12 próbkach w kształcie sześciianu, jak do badania wytrzymałości na ściskanie, pochodzących z jednej partii betonu, po 28 dniach dojrzewania. Próbki powinny być pobierane przy stanowisku betonowania.
2. Badania należy rozpocząć od nasycenia wszystkich próbek wodą jak w przypadku badania nasiąkliwości, przy czym czas nasycania nie powinien być krótszy niż 7 dni.
3. Sześć próbek porównawczych przeznaczonych do badania wytrzymałości powinno pozostawać w wodzie w temperaturze dodatniej  $18 \pm 2$  [°C] przez cały czas badania odporności na działanie mrozu. Próbki przeznaczone do zamrażania należy, po otarciu z wody, zważyć z dokładnością do 0,2%. Zamrażanie powinno odbywać się w temperaturze dodatniej  $18 \pm 2$  [°C], przy czym temperatura w komorze zamrażalniczej powinna być już na tym poziomie w chwili układania próbek. Próbki należy ułożyć zachowując odstępy między nimi oraz ścianami komory co najmniej 20 mm. Każdorazowy okres zamrażania próbek w podanej temperaturze powinien wynosić co najmniej 4 godziny. Po każdym z nich próbki poddaje się odmrażaniu przez całkowite zanurzenie w wodzie o temperaturze dodatniej  $18 \pm 2$  [°C]. Czas odmrażania powinien wynosić nie mniej niż 2 godziny i nie więcej niż 4 godziny. Badanie obejmuje 100 cykli zamrażania-odmrażania. Po ostatnim odmrażaniu, próbki po otarciu z wody waży się z dokładnością do 0,2%. Następnie przeprowadza się badanie wytrzymałości na ściskanie według 5.4.5 próbek zamrażanych i niezamrażanych, wszystkich w stanie nasycenia wodą. Powierzchnie dociskowe próbek muszą być gładkie, a w razie ubytków – wyprawione jak do badania wytrzymałości na ściskanie.
4. Średni ubytek masy próbek po badaniu –  $\Delta M$  należy obliczyć, według wzoru:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100 [\%]$$

w którym:

$M_1$  – średnia masa próbek przed ich pierwszym zamrażaniem, w stanie nasycenia wodą [kg],

$M_2$  – średnia masa próbek po ich ostatnim odmrażaniu, w stanie nasycenia wodą [kg].

5. Średni spadek wytrzymałości próbek po badaniu –  $\Delta R$  należy obliczyć, według wzoru:

$$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100 [\%]$$

w którym:

$R_1$  – średnia wytrzymałość na ściskanie próbek porównawczych-niezamrażanych, nasyconych wodą [MPa],

$R_2$  – średnia wytrzymałość na ściskanie próbek badanych, po ich ostatnim odmrażaniu, nasyconych wodą [MPa].

6. Stopień mrozoodporności betonu jest osiągnięty, jeżeli po wymaganej liczbie cykli zamrażania-odmrażania próbek betonowych, tzn. po 100 cyklach, spełnione są następujące warunki:

- a) próbki nie wykazują pęknięć,
- b) łączna masa ubytków betonu w postaci zniszczonych narożników i krawędzi, odprysków kruszywa itp. nie przekracza 5% masy próbek nie zamrożonych,
- c) obniżenie wytrzymałości na ściskanie w stosunku do wytrzymałości próbek nie zamrożonych nie jest większe niż 20%.

#### **6.4.7 Sprawdzenie średnicy prętów i usytuowania zbrojenia**

Sprawdzenie średnicy prętów i usytuowania zbrojenia należy przeprowadzać przez odbicie betonu w 3 ÷ 5 dowolnie wybranych miejscach i pomiar otuliny wykonać z dokładnością do 1 mm. Średnice prętów zbrojenia należy sprawdzać za pomocą suwmiarki z dokładnością do 0,1 mm.

#### **6.5 Ocena badań**

### 6.5.1 Ocena partii fundamentów poddanych badaniom niepełnym

Partię fundamentów poddanych badaniom niepełnym należy uznać za zgodną z wymaganiami normy, jeżeli liczba elementów wadliwych dla poszczególnych badań nie przekracza liczb podanych w tabelicy 3, a wytrzymałość betonu jest zgodna z wymaganiami według 5.6.

Tabela 3

Wyszczególnienie badań	Największa liczba elementów wadliwych, przy której partię należy jeszcze uznać za zgodną z wymaganiami normy			
	Liczba badanych fundamentów			
	5	10	15	25
Sprawdzenie kształtu i wymiarów	0	1	2	2
Sprawdzenie wyglądu zewnętrznego	0	1	2	2

### 6.5.2 Ocena partii fundamentów poddanych badaniom pełnym

Partię fundamentów poddaną badaniom pełnym według 6.1.2 należy uznać za zgodną z wymaganiami normy, jeżeli liczba elementów wadliwych nie przekracza liczb podanych w tabelicy 4.

Tabela 4

Wyszczególnienie badań	Największa liczba elementów wadliwych, przy której partię należy jeszcze uznać za zgodną z wymaganiami normy			
	Liczba badanych fundamentów			
	3	5	7	10
Sprawdzenie średnic prętów zbrojenia	0	0	0	0
Sprawdzenie otuliny zbrojenia	0	1	1	2
Sprawdzenie prawidłowości rozłożenia zbrojenia	0	1	1	2



## 6.6 Oświadczenie producenta o jakości wyrobu

Na żądanie zamawiającego wytwórnia powinna wystawić oświadczenie stwierdzające zgodność przekazywanej partii fundamentów z wymaganiami niniejszych uregulowań. Zaświadczenie powinno zawierać następujące dane:

- a) datę wystawienia zaświadczenia,
- b) nazwę i adres producenta,
- c) typ i odmianę,
- d) wielkość partii i zbadaną liczbę elementów,
- e) datę produkcji,
- f) krótki opis badań oraz wyniki,
- g) podpisy osób obecnych przy przeprowadzaniu badań.

## 7 Fundamenty palowe

### 7.1 Zastosowanie

1. Fundamenty palowe wraz z osprzętem mocującym przewidziane są do stosowania zamiast fundamentów prefabrykowanych. Stosowana technologia budowy sieci trakcyjnej przewiduje podstawowo montaż konstrukcji wsporczych na fundamentach palowych.
2. Fundamenty palowe wykonywane przez różnych producentów muszą być w pełni zamienne.
3. Fundamenty, w zależności od typu (oznakowanie w zależności od producenta), stosowane są jako podpory słupów trakcyjnych indywidualnych, bramkowych, słupów przestrzennych z wysięgiem przez dwa tory, podpory odciągów prętowych słupów kotwowych.
4. Fundamenty można stosować we wszystkich gruntach rodzimych i nasypowych. Osadzone są w gruncie przez udarowe wbijanie w uzasadnionych przypadkach przez nawiercanie.

### 7.2 Kształt, wymiary, oznaczenie

1. Fundamenty palowe jednolite składają się z części głowicowej oraz trzonowej. W jednej z płaszczyzn przekroju poprzecznego część głowicowa jest szersza w stosunku do części trzonowej, a także posiada dodatkowe zbrojenie poprzeczne spiralne.
2. Fundamenty palowe dwu, lub wielocłonowe - składane, powinny posiadać parametry techniczno-eksploatacyjne nie gorsze niż parametry fundamentów jednolitych. Wymiary fundamentów zespolonych powinny być zamienne w odniesieniu do analogicznego typu

i wykonania fundamentów standardowych. Szczegółowe dane dotyczące łączenia poszczególnych elementów fundamentów wielocłonowych powinny być określone w dokumentacji projektowej elementu.

3. Część głowicowa posiada gwintowane kotwy fundamentowe, które są łączone do głównych prętów podłużnych zbrojenia. Jako połączenie zbrojenia z kotwami stosuje się spawanie czołowe, zgrzewanie tarciove na pełen przekrój, lub inną metodę zgodną z technologią wytwarzania fundamentu palowego. Klasa połączenia spawanego nie powinna być niższa niż 2. Strefy styku kotwy i betonu są uszczelnione kitem trwale plastycznym. Zbrojenie fundamentów powinno być zgodne z dokumentacją i wymaganiami normy PN-B-03264:2004. Grubość otuliny betonowej prętów zbrojeniowych i strzemion dla zbrojenia głównego nie powinna być mniejsza niż 40 mm, a dla strzemion pomocniczych znajdujących się w głowicy fundamentu powinna wynosić minimum 20 mm.
4. Fundamenty palowe wyposażone są w typowe kotwy służące do transportu pala o nośności minimum 25 kN każda. Wymiary i tolerancje wykonania fundamentów palowych powinny być zgodne z Dokumentacją Techniczną.
5. Zasady oznaczania fundamentów palowych:
  - a) pierwsza duża litera znakowania fundamentu (np. P, B, M, T) – przypisana jest do producenta fundamentu,
  - b) duże cyfry rzymskie – I, II, III po wielkich literach oznaczają typ fundamentu. Takie oznakowanie fundamentu (np. P I) oznacza fundament dla konstrukcji wsporczej sieci trakcyjnej.
  - c) wielka litera K po cyfrach (np. P I-K,) oznacza fundament palowy dla odciągu prętowego,
  - d) przykładowe oznaczenie fundamentu - P I-K-250 gdzie np.:
    - P – litera identyfikująca producenta,
    - I-K-250 – fundament kotwowy o długości 250 cm (zgodnie z tabelą nr 5).
6. Znakowanie fundamentów wielocłonowych powinno odbywać się analogicznie jak fundamenty jednolite z wyróżnikiem z ilu i jakich członów składa się kompletny fundament i podlega uzgodnieniu z Zarządcą infrastruktury.
7. Znakowanie fundamentów palowych przez nowych producentów powinno być bezwzględnie uzgadniane z Zarządcą infrastruktury na której będą w/w elementy eksploatowane.

#### **7.2.1. Wymiary zewnętrzne.**

Wymiary zewnętrzne przykładowych fundamentów podano w tablicy 5.

Tablica 5

Wymiary zewnętrzne fundamentów			
Typ	Długość	Przekrój głowicy	Przekrój trzonu
	cm	mm	mm
I-250	250	450x320	320x320
I-300	300	450x320	320x320
I-350	350	450x320	320x320
I-400	400	450x320	320x320
I-450	450	450x320	320x320
I-500	500	450x320	320x320
I-K-250	250	450x320	320x320
I-K-300	300	450x320	320x320
I-K-350	350	450x320	320x320
I-K-400	400	450x320	320x320
I-K-450	450	450x320	320x320
I-K-500	500	450x320	320x320
II-250	250	520x360	360x360
II-300	300	520x360	360x360
II-350	350	520x360	360x360
II-400	400	520x360	360x360
II-450	450	520x360	360x360
II-500	500	520x360	360x360
III-250	250	580x400	400x400
III-300	300	580x400	400x400
III-350	350	580x400	400x400
III-400	400	580x400	400x400
III-450	450	580x400	400x400
III-500	500	580x400	400x400
III-K-250	250	580x400	400x400
III-K-300	300	580x400	400x400
III-K-350	350	580x400	400x400
III-K-400	400	580x400	400x400
III-K-450	450	580x400	400x400
III-K-500	500	580x400	400x400

## 7.2.2. Odchyłki

- Dopuszczalne odchyłki dla fundamentów palowych nie mogą przekraczać dla:
  - wymiarów mierzonych w przekrojach podłużnych fundamentu:  $\pm 20,0$  mm,
  - wymiarów mierzonych w przekrojach poprzecznych fundamentu:  $\pm 5,0$  mm,
  - położenia śrub w stosunku do powierzchni bocznych pala:  $\pm 5,0$  mm,
  - zagłębienia kotwowego w stosunku do powierzchni bocznych pala:  $\pm 5,0$  mm,
  - odległości pomiędzy śrubami mierzonej po przekątnej:  $\pm 1,5$  mm,
  - odległości pomiędzy śrubami mierzonej po długości i szerokości:  $\pm 1,0$  mm.
- Odizolowanie słupa od fundamentu palowego jest realizowane za pomocą dwuczęściowych izolatorów – zgodnie z projektem technicznym.
- Izolowanie odciągów jest realizowane poprzez izolatory eliptyczne lub izolatory tulejkowe – zgodnie z projektem technicznym.
- Wykaz elementów wchodzących w skład kompletnego fundamentu palowego przedstawiono w tablicy 6.

Tablica 6 Wykaz elementów wchodzących w skład kompletnego fundamentu palowego

Typ fundamentu	Pręty o średnicy $\varnothing 28$	Śruby			Kotwy transportowe	Rury			Izolatory			Nakrętki			Podkładki komplet		Izolatory odciążu		Płaskownik blokujący
		M30	M36	M42		PI-K/BI-A	PIII-K/BIII-A	do M30	do M36	do M42	M30	M36	M42	do M30	do M36	do M42	eliptyczny	tulejkowy	
I	4	4	-	-	3	-	-	4	-	-	8	-	-	8	-	-	-	-	-
II	4	-	4	-	3	-	-	-	4	-	-	8	-	-	8	-	-	-	-
III	6	-	-	4	3	-	-	-	-	4	-	-	8	-	-	8	-	-	-
I-K	4	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1
III-K	6	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1

## 7.3 Materiały do produkcji

### 7.3.1 Fundamenty palowe

Materiały do produkcji fundamentów palowych:

- a) Cement portlandzki klasy nie niższej niż 52,5 RN odpowiadający wymaganiom normy [2],
- b) kruszywo:
  - piasek zwykły  $0 \div 2$  mm zgodny z normą [3],
  - grys jednofrakcyjny frakcji  $8 \div 16$  mm zgodny z normą [3],
  - żwir lub grys wielofrakcyjny frakcji  $2 \div 8$  zgodny z normą [3].
- c) Stal zbrojeniowa:
  - zbrojenie podłużne – pręty okrągłe żebrowane  $\varnothing$  min. 28 mm, ze stali o  $R_m \geq 550$  N/mm<sup>2</sup> i  $R_e \geq 500$  N/mm<sup>2</sup> zgodnie z normą [15],
  - zbrojenie poprzeczne – drut  $\varnothing$  min. 10 mm, ze stali o  $R_m \geq 500$  N/mm<sup>2</sup> i  $R_e \geq 420$  N/mm<sup>2</sup> zgodnie z normą [15],
  - stal kotew fundamentowych – pręty gwintowane ze stali nierdzewnej typu OH18N9 (nr 1.4301), lub innego typu stali nierdzewnej o nie gorszej wytrzymałości mechanicznej i parametrach antykorozyjnych, zgodnie z normą [16],
  - podkładki i nakrętki mocujące konstrukcje wsporcze do fundamentu palowego – wykonane ze stali typu S 355 lub innego gatunku stali o nie gorszych parametrach zgodnie z normą [5] z powłoką cynkową o grubości nie mniejszej niż 70  $\mu$ m,
  - woda zgodnie z normą [4].

### 7.3.2 Klasa betonu

Fundamenty palowe powinny być wykonywane z betonu o ustalonych właściwościach (dobór składników z uwzględnieniem ochrony materiałowo-strukturalnej przed korozją według normy [18] i [19] z uwzględnieniem właściwości mieszanki betonowej), zastosowanych do technologii wykonywania fundamentów.

### 7.3.3 Przekładki izolacyjne

Tworzywo sztuczne użyte do produkcji przekładek izolacyjnych izolatorów o następujących właściwościach:

- a) granica plastyczności nie mniejsza niż 60 MPa,
- b) moduł sprężystości nie mniejszy niż 3000 MPa,
- c) wytrzymałość elektryczna doraźna przy napięciu stałym  $E_{p_d} > 20$  kV/mm<sup>2</sup>,
- d) rezystywność powierzchniowa materiału  $p_v \geq 10^{11}$   $\Omega$ .

### 7.3.4 Połączenia zbrojenia fundamentu z kotwa fundamentową

Połączenie zbrojenia podłużnego z gwintowaną kotwą fundamentową powinno być wykonane jako spawane, w technologii zgrzewania tarcowego, lub inną metodę zgodną z technologią wytwarzania fundamentu palowego.

#### **7.4 Wygląd zewnętrzny**

Powierzchnie fundamentu palowego powinny być płaskie bez pęknięć, rys i miejsc niedowibrowanych. Dopuszcza się występowanie:

- a) nierówności powierzchni górnej i bocznych do 3 mm, mierzonych od prostej odwzorowanej za pomocą liniału krawędziowego o długości 1000 mm, przyłożonego do tej powierzchni,
- b) raków o średnicy nie większej niż 15 mm,
- c) porów powstałych od pęcherzyków powietrza i odparowanej wody zarobowej,
- d) miejscowych nierówności betonu do 3 mm w odległości do 5 mm od znajdujących się tam śrub.

#### **7.5 Wytrzymałość betonu na ściskanie**

Wytrzymałość betonu na ściskanie, użytego do wyrobu fundamentów palowych, po 28 dniach powinna odpowiadać klasie co najmniej C40/50.

#### **7.6 Nasiąkliwość wagowa betonu**

Nasiąkliwość wagowa betonu w gotowych fundamentach nie powinna być większa niż 5%.

#### **7.7 Stopień mrozoodporności betonu**

Stopień mrozoodporności betonu powinien odpowiadać co najmniej klasie F150.

#### **7.8 Wodoprzepuszczalność betonu**

Stopień wodoprzepuszczalności betonu nie powinien być niższy niż W8.

#### **7.9 Nośności graniczne na zginanie fundamentów palowych**

Nośności graniczne na zginanie fundamentów, określone zgodnie z p. 8.5.9. nie powinny być mniejsze niż dopuszczalne nośności obliczeniowe na zginanie, podane w tablicy 7 pomnożone przez globalny współczynnik bezpieczeństwa równy 1,3.

Tablica 7

Fundament palowy	Dopuszczalne obciążenie obliczeniowe	
	Moment zginający [kNm]	Siła osiowa [kN]
I	156,9	99,6
II	156,9	99,6
III	180,5	99,6
I-K	81,9	- 50,8 (wyrywanie)
III-K	81,9	- 50,8 (wyrywanie)

### 7.10 Oznakowanie wyrobu

Każdy fundament powinien być oznakowany etykietą w miejscu określonym przez producenta.

Etykieta powinna zawierać co najmniej:

- nazwę lub logo producenta,
- typ fundamentu,
- rok produkcji,
- nr aprobaty technicznej lub dokumentu o innej nazwie, określającego kompletny zakres wymogów dla przedmiotowego dokumentu.

Sposób oznakowania fundamentu znakiem budowlanym powinien być zgodny z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz.U. nr 198/2004, poz. 2041).

### 7.11 Pakowanie

Fundamenty nie wymagają opakowania. Do każdego fundamentu powinna być dołączona etykieta zawierająca co najmniej następujące dane: oznakowanie wyrobu, numer certyfikatu lub deklaracji zgodności, znak budowlany.

Elementy izolacyjne należy pakować do skrzynek drewnianych zgodnych z normą [20], pudeł zgodnych z normą [21] lub worków z tworzywa sztucznego zgodnych z normą [21], następnie zamknąć i zaplombować. Masa brutto opakowania nie powinna przekraczać 30 kg. Na zewnątrz i wewnątrz każdego opakowania należy umieścić etykietę zgodną z normą [23] i normą [24], zawierającą następujące informacje: nazwa producenta, oznaczenie zgodne z cechowaniem wyrobu, numer partii odbiorowej, datę produkcji, znak kontroli jakości, liczbę sztuk w opakowaniu.

## **7.12 Przechowywanie**

Składowanie fundamentów palowych powinno odbywać się na wyrównanym, utwardzonym i odwodnionym podłożu, z zachowaniem odstępów umożliwiających załadunek sprzętem mechanicznym.

Elementy izolacyjne w opakowaniach należy składować w pomieszczeniach zamkniętych o wilgotności względnej do 70%, w odległości nie mniejszej niż 1 metr od czynnych urządzeń grzewczych. Niedopuszczalne jest składowanie na otwartej przestrzeni w temperaturze wyższej niż 35 °C.

## **7.13 Transport**

Fundamenty palowe, mogą być przewożone środkami transportu po ich zabezpieczeniu przed uszkodzeniem. Podczas przygotowywania do transportu, jak i rozładunku prefabrykaty należy podnosić tylko za specjalne uchwyty, a podierać wyłącznie w oznaczonych miejscach.

Elementy izolacyjne należy przewozić w opakowaniu dowolnymi środkami transportu zgodnie z obowiązującymi przepisami. W przypadku transportu kolejowego należy stosować wagony kryte.

# **8. Badania fundamentów palowych**

## **8.1 Rodzaje i częstotliwość prowadzenia badań**

1. Dopuszczenie do dystrybucji i stosowania w budownictwie fundamentów palowych objętych Aprobata Techniczną wymaga przeprowadzenia badania typu oraz przeprowadzenia badań kontrolnych i okresowych, stanowiących podstawę wystawienia w obowiązującym trybie dokumentów atestacyjnych.
2. Badania wykonuje się w celu sprawdzenia i oceny wyrobu pod względem danych znamionowych i zastosowanych materiałów. Do badań pobiera się wyroby zgodnie z normą [7]. Badania kontrolne powinny być wykonywane dla każdej partii fundamentów. Badania okresowe należy zlecić niezależnym, upoważnionym laboratoriom badawczym. Badania okresowe powinny być wykonywane nie rzadziej niż raz w roku.

## **8.2 Program badań**



1. Partię stanowią fundamenty palowe tego samego rodzaju i typu, wyprodukowane w tym samym okresie przy zachowaniu jednakowych parametrów technologicznych produkcji. Liczność partii nie powinna przekraczać 100 sztuk.
2. Do poszczególnych rodzajów badań stosuje się statystyczną kontrolę jakości zgodnie z normą [8], przyjmując: plan badania jednostopniowy, akceptowany poziom jakości 4% oraz poziom kontroli:
  - a) ogólny II do sprawdzenia stanu powierzchni i wyglądu zewnętrznego,
  - b) ogólny I do sprawdzenia wymiarów i cechowania,
  - c) badanie wytrzymałości betonu na ściskanie wykonuje się na trzech próbkach na każde 50 m<sup>3</sup> wykonanego betonu lub na każdą partię betonu,
  - d) badanie mrozoodporności betonu wykonuje się na 12 próbkach,
  - e) badanie nasiąkliwości betonu wykonuje się na 3 próbkach,
  - f) badanie wodoszczelności betonu wykonuje się na 6 próbkach.
3. Liczność próbki w przypadku pozostałych badań podano w normach przedmiotowych lub w opisie tych badań.
4. Przy pobieraniu próbek do badań wymienionych w punkcie 8.3 b), i 8.3 c), oraz punkcie 8.4. a), należy stosować pobieranie sposobem losowym zgodnie z normą [8], tzn. poszczególne wyroby powinny być pobierane z różnych miejsc partii.

### **8.3 Badania kontrolne**

Zakres badań kontrolnych obejmuje sprawdzenie:

- a) atestów materiałów,
- b) wymiarów i tolerancji wykonania,
- c) stanu powierzchni i wyglądu zewnętrznego,
- d) wytrzymałości betonu na ściskanie,
- e) cechowania.

### **8.4 Badania okresowe i badania typu**

Badania okresowe i badanie typu obejmują badania kontrolne według pkt. 8.3 oraz sprawdzenie:

- a) mrozoodporności betonu,
- b) nasiąkliwości betonu,
- c) wodoprzepuszczalności betonu,

- d) właściwości tworzywa sztucznego użytego do produkcji izolatorów na zgodność z wymaganiami punktu 7.3.3,
- e) określenie nośności granicznej na zginanie fundamentu

## **8.5 Opis badań fundamentów palowych**

### **8.5.1 Sprawdzenie materiałów**

1. Cement – sprawdzenie polega na skontrolowaniu atestów na cement oraz stwierdzeniu prowadzenia przez producenta kontroli technicznej dotyczącej oznaczenia:
  - a) czasu wiązania aparatem Vicata zgodnie z normą [9],
  - b) konsystencji normowej.
2. Kruszywo – sprawdzenie polega na skontrolowaniu atestów na kruszywo oraz stwierdzeniu prowadzenia przez producenta kontroli technicznej dotyczącej oznaczenia:
  - a) składu ziarnowego – metodą na sucho lub mokro polegającą na rozdzieleniu kruszywa na frakcje poprzez przesianie (na sucho lub mokro) przez zestaw sit kontrolnych o znormalizowanych wielkościach oczek kwadratowych i ustaleniu procentowego udziału masy poszczególnych frakcji w badanej próbce zgodnie z normą [10],
  - b) kształtu ziaren – metodą polegającą na określeniu procentowego udziału w kruszywie masy ziaren nieforemnych, wydzielonych z próbki w wyniku pomiarów ziaren za pomocą suwmiarki Schulza zgodnie z normą [11],
  - c) zawartość pyłów mineralnych poprzez określenie procentowego udziału w kruszywie masy ziaren mniejszych niż 0,063 mm w wyniku rozdzielenia ich na podstawie zróżnicowanej szybkości grawitacyjnego opadania w ośrodku ciekłym zgodnie z normą [10].
3. Stal zbrojeniowa i nierdzewna – sprawdzenie polega na skontrolowaniu atestów hutniczych, tzn. czy stal danego gatunku spełnia wymagania odpowiadającej normy.

### **8.5.2 Sprawdzenie średnicy prętów i usytuowania zbrojenia**

Sprawdzenie średnicy prętów i usytuowania zbrojenia polega na pomiarach bezpośrednich w formach. Pomiar otuliny oraz rozstaw zbrojenia należy sprawdzać z dokładnością do 1 mm, zaś pomiar średnicy prętów zbrojenia należy sprawdzać z dokładnością do 0,1 mm np. suwmiarką.

Grubość otuliny zbrojenia betonem może być pomierzona urządzeniami elektromagnetycznymi, dopuszczalnymi w nieniszczących metodach badań.

Wyniki sprawdzenia należy porównać z wymaganiami podanymi w punkcie 7.2.2.1c), 7.2.2.1d) 7.2.2.1e), 7.2.2.1f) oraz 7.3.1c).

### **8.5.3 Sprawdzenie wymiarów i tolerancji wykonania**

Sprawdzenie należy przeprowadzić za pomocą przymiaru z podziałką milimetrową z dokładnością do 1 mm. Pomiary długości, szerokości i wysokości należy wykonać w trzech miejscach, przy krawędziach i w środku elementu zgodnie z normą [12]. Średnia wartość tych pomiarów daje wartość mierzoną. Sprawdzenie wchrowatości należy przeprowadzać zgodnie z normą [12].

### **8.5.4 Sprawdzenie stanu powierzchni i wyglądu zewnętrznego**

1. Oceny dokonuje się wzrokowo oraz za pomocą liniału krawędziowego i przymiaru liniowego o dokładności pomiarowej 1,0 mm oraz suwmiarki o dokładności pomiarowej 0,1 mm.
2. Sprawdzenie uszkodzenia krawędzi i wgłębień na powierzchni należy wykonać zgodnie z normą [25]. Wyniki sprawdzenia należy porównać z wymaganiami podanymi w punkcie 7.4.

### **8.5.5 Sprawdzenie wytrzymałości betonu na ściskanie**

Sprawdzenie wytrzymałości betonu na ściskanie należy przeprowadzać zgodnie z normą [13], przyjmując do badań próbki sześciennie o wymiarze boku 150 mm i ustalając wytrzymałość każdej z nich z dokładnością do 0,1 MPa ze wzoru:

$$F_c = \frac{F}{A_c} [\text{MPa}]$$

w którym:

F – maksymalne obciążenie przy zniszczeniu [N],

A<sub>c</sub> – pole przekroju poprzecznego próbki [mm<sup>2</sup>].

### **8.5.6 Sprawdzenie nasiąkliwości betonu**

1. Nasiąkliwość betonu określa się na próbkach sześciennych o wymiarze boku 150 mm, pobranych przy stanowisku betonowania, po 28 dniach dojrzewania. Liczba próbek do jednego

oznaczania nasiąkliwości nie powinna być mniejsza niż 3. Próbki przechowuje się w warunkach takich, jak próbki do badania wytrzymałości na ściskanie i rozpoczyna badanie po 28 dniach dojrzewania. Badanie próbek obejmuje następujące czynności:

- a) ułożenie próbek w naczyniu wannowym, tak aby wysokość ułożonej próbki nie przekraczała 200 mm, podstawa zaś nie stykała się dnem naczynia (podpórki grubości co najmniej 10 mm),
- b) wlanie wody do naczynia, do poziomu tak, aby wysokość słupa wody nad próbkami wynosiła minimum 20 mm; temperatura wody  $20 \pm 5$  [°C],
- c) po 72 godzinach wyjęcie próbek z wody i po dokładnym wytarciu powierzchni zważenie z dokładnością do 0,2%; nasycanie trwa tak długo, aż dwa kolejne wyniki ważenia wykonane w odstępie 24 godzin nie wykażą przyrostu masy większego niż 0,1%.
- d) umieszczenie nasyconych całkowicie próbek w suszarce o temperaturze  $105 \pm 5$  [°C] i suszenie co najmniej 3 doby do momentu osiągnięcia stałej masy; przyjmuje się, że próbka osiągnęła stałą masę, jeżeli dwa kolejne wyniki ważenia wykonane w odstępie 24 godzin nie wykażą przyrostu masy większego niż 0,1%.

2. Obliczenie nasiąkliwości betonu, z dokładnością do 0,1%, wylicza się ze wzoru:

$$n_w = \frac{M_2 - M_1}{M_1} 100 [\%]$$

w którym:

$M_1$  – średnia masa próbek suchych [g],

$M_2$  – średnia masa próbek nasyconych wodą [g].

### 8.5.7 Sprawdzenie mrozoodporności betonu

1. Przyjęta metoda badania uwzględnia zarówno stopień wewnętrznego zniszczenia betonu, charakteryzowany przez wytrzymałość próbki, jak również destrukcje zewnętrzne, określone wizualnie oraz na podstawie ubytku masy. Cykle zamrażania i odmrażania polegają na kolejnym zamrażaniu całej próbki w powietrzu i odmrażaniu jej w wodzie przy okresie trwania pełnego cyklu co najmniej 6 godzin. Badania wykonuje się na 12 próbkach w kształcie sześciangu, jak do badania wytrzymałości na ściskanie, pochodzących z jednej partii betonu, po 28 dniach dojrzewania. Próbki powinny być pobierane przy stanowisku betonowania.

2. Badania należy rozpocząć od nasycenia wszystkich próbek wodą jak w przypadku badania nasiąkliwości, przy czym czas nasycania nie powinien być krótszy niż 7 dni.
3. Sześć próbek porównawczych przeznaczonych do badania wytrzymałości powinno pozostawać w wodzie w temperaturze dodatniej  $18 \pm 2$  [°C] przez cały czas badania odporności na działanie mrozu. Próbki przeznaczone do zamrażania należy, po otarciu z wody, zważyć z dokładnością do 0,2%. Zamrażanie powinno odbywać się w temperaturze  $-18 \pm 2$  [°C], przy czym temperatura w komorze zamrażalniczej powinna być już na tym poziomie w chwili układania próbek. Próbki należy ułożyć zachowując odstępy między nimi oraz ścianami komory co najmniej 20 mm. Każdorazowy okres zamrażania próbek w podanej temperaturze powinien wynosić co najmniej 4 godziny. Po każdym z nich próbki poddaje się odmrażaniu przez całkowite zanurzenie w wodzie o temperaturze  $18 \pm 2$  [°C]. Czas odmrażania powinien wynosić nie mniej niż 2 godziny i nie więcej niż 4 godziny. Badanie obejmuje 100 cykli zamrażania-odmrażania. Po ostatnim odmrażaniu, próbki po otarciu z wody waży się z dokładnością do 0,2%. Następnie przeprowadza się badanie wytrzymałości na ściskanie według 4.3.5 próbek zamrażanych i niezamrażanych, wszystkich w stanie nasycenia wodą. Powierzchnie dociskowe próbek muszą być gładkie, a w razie ubytków – wyprawione jak do badania wytrzymałości na ściskanie.
4. Średni ubytek masy próbek po badaniu –  $\Delta M$  należy obliczyć, według wzoru:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100 [\%]$$

w którym:

$M_1$  – średnia masa próbek przed ich pierwszym zamrażaniem, w stanie nasycenia wodą [kg],

$M_2$  – średnia masa próbek po ich ostatnim odmrażaniu, w stanie nasycenia wodą [kg].

5. Średni spadek wytrzymałości próbek po badaniu –  $\Delta R$  należy obliczyć, według wzoru:

$$\Delta R = \frac{R_1 - R_2}{R_1} 100 [\%]$$

w którym:

$R_1$  – średnia wytrzymałość na ściskanie próbek porównawczych-niezamrażanych, nasyconych wodą [MPa],

$R_2$  – średnia wytrzymałość na ściskanie próbek badanych, po ich ostatnim odmrażaniu, nasyconych wodą [MPa].

6. Stopień mrozoodporności betonu jest osiągnięty, jeżeli po wymaganej liczbie cykli zamrażania -odmrażania próbek betonowych, tzn. po 100 cyklach, spełnione są następujące warunki:
- a) próbki nie wykazują pęknięć,
  - b) łączna masa ubytków betonu w postaci zniszczonych narożników i krawędzi, odprysków kruszywa itp. nie przekracza 5% masy próbek nie zamrożonych,
  - c) obniżenie wytrzymałości na ściskanie w stosunku do wytrzymałości próbek nie zamrożonych nie jest większe niż 20%.

#### **8.5.8 Sprawdzenie wodoszczelności**

1. Badanie przepuszczalności wody przez beton należy sprawdzać na próbkach wykonanych w warunkach laboratoryjnych podczas projektowania składu mieszanki betonowej oraz na próbkach pobieranych podczas betonowania co najmniej jeden raz na 200 m<sup>3</sup> betonu.
2. Powierzchnia próbek, na którą ma działać parcie wody, powinna mieć starannie skutą warstwę stwardniałego zaczynu cementowego na obszarze o średnicy 100 mm. Pozostałe powierzchnie, z wyjątkiem tej na której ma się obserwować wyciek wody, należy pokryć izolacyjną powłoką wodoszczelną. Temperatura wody i pomieszczenia, w którym prowadzi się badania powinna wynosić 18±2 °C. Ciśnienie wody należy podwyższać skokowo co 24 godziny o wartość 0,2 MPa, a końcowe ciśnienie 0,8 MPa, odpowiadające żądanemu stopniowi wodoszczelności, należy utrzymywać przez 24 godziny. Badanie przerywa się, jeżeli dwie próbki z badanej serii sześciu wykażą oznaki przesiąkania wody, albo po osiągnięciu ciśnienia 0,8 MPa.

#### **8.5.9 Oznaczenie nośności granicznej na zginanie fundamentu**

Nośność graniczna na zginanie fundamentu należy określić przeprowadzając badanie fundamentu w pozycji poziomej, utwierdzonego w odległości 1,0 m od powierzchni głowicy. Siłę zginającą fundament należy przyłożyć w odległości 0,2 m od podstawy fundamentu i odczytać jej wartość w chwili zniszczenia fundamentu. Wyniki należy porównać z wymaganiem zawartym w punkcie 7.9.

#### **8.5.10 Sprawdzenie granicy plastyczności i wydłużenia przy zerwaniu**

1. Sprawdzenie wydłużenia przy zerwaniu tworzywa sztucznego użytego do produkcji elementów izolacyjnych wykonuje się na uwierzytelnionej maszynie wytrzymałościowej zgodnie z normą [26]. Oznaczenie należy przeprowadzać z prędkością 50 mm/min. Należy

losowo wybrać 10 płytek i za pomocą wykrojnika wyciąć z każdej z nich jedną próbkę w kształcie wiosełka o wymiarach 150x10x4 mm, przy czym pięć próbek należy wyciąć wzdłuż jednej osi symetrii płytki, a pozostałe pięć – prostopadle do tej osi. Przed rozpoczęciem badań płytki należy klimatyzować w temperaturze  $23\pm 2$  °C przez okres co najmniej 6 godzin.

2. Określenie granicy plastyczności oraz wydłużenia przy zerwaniu należy przeprowadzić zgodnie z normą [27].

#### **8.5.11 Sprawdzenie modułu sprężystości**

Wartość modułu sprężystości tworzywa sztucznego użytego do produkcji elementów izolacyjnych należy określić zgodnie z normą [27].

#### **8.5.12 Sprawdzenie twardości materiału**

Badanie należy przeprowadzać zgodnie z normą [28]. Sprawdzenia twardości materiału dokonuje się na próbkach kondycjonowanych. Twardość oblicza się z następującej zależności: zastosowane obciążenie/powierzchnia sferycznego odcisku. Powierzchnię odcisku oblicza się z jego głębokości. Wykonuje się po dwa pomiary na próbce. Twardość materiału użytego do produkcji elementów izolacyjnych, oznacza się przy pomocy wciskania kulki  $\varnothing = 5\pm 0,05$  mm, przy obciążeniu pomiarowym  $F_m = 358,0$  N.

#### **8.5.13 Sprawdzenie udarności**

Sprawdzenie udarności wykonuje się zgodnie z normą [29]. Badanie wykonuje się na próbkach w kształcie beleczek bez karbu, o wymiarach 100x10x4 mm, przy rozstawie podpór 62 mm.

#### **8.5.14 Sprawdzenie wytrzymałości na przebicie**

Wytrzymałość na przebicie tworzywa sztucznego użytego do produkcji izolatorów należy określić zgodnie z normą [30].

#### **8.5.15 Sprawdzenie rezystancji powierzchniowej**

1. Sprawdzenie rezystancji powierzchniowej wykonuje się zgodnie z normą [31] metodą trójelektrodową, stosując elektrody napawane srebrem.
2. Dla określenia rezystancji skrośnej należy zmierzyć prąd skrośny po 60 sekundach licząc od przyłożenia do próbki napięcia o wartości 300 V.

3. Dla określenia rezystancji powierzchniowej należy zmierzyć prąd powierzchniowy po 60 sekundach od przyłożenia do próbki napięcia o wartości 100 V.
4. Próbki do badań rezystancji w stanie suchym należy klimatyzować przez 4 godziny w temperaturze  $70 \pm 2$  °C.



## 9. Dokumenty związane

- [1] BN-73/8939-06 Sieć trakcyjna kolejowa Fundamenty prefabrykowane
- [2] PN-EN 197-1:2002 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku; zmiana A1:2005.
- [3] PN-EN 12620:2004 Kruszywa do betonu; poprawka AC:2004.
- [4] PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- [5] PN-EN 10025-1:2007 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy.
- [6] PN-B-06251:1963 Roboty betonowe i żelbetowe – Wymagania techniczne.
- [7] PN-ISO 2859-1:2003 Procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Część 1: Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowanej jakości (AQL) stosowane do kontroli partii za partią.
- [8] PN-N-03010:1983 Statystyczna kontrola jakości. Losowy wybór jednostek produktu do próbki.
- [9] PN-EN 196-3:2006 Metody badania cementu. Oznaczenie czasów wiązania i stałości objętości.
- [10] PN-EN 933-1:2000 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie składu ziarnowego. Metoda przesiewania; zmiana A1:2006.
- [11] PN-EN 933-4:2001 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 4: oznaczanie kształtu ziaren. Wskaźnik kształtu.
- [12] PN-EN 13369:2005 Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu; zmiana A1:2006
- [13] PN-EN 12390-3:2002 Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania.
- [14] PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone – Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [15] PN-EN 10080:2007 Stal do zbrojenia betonu. Specjalna stal zbrojeniowa. Postanowienia ogólne.
- [16] PN-EN 10088:2007 Stale odporne na korozję. Część 1: Gatunki stali odpornych na korozję.
- [17] PN-B-01801:1982 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie- Konstrukcje betonowe i żelbetowe – Podstawowe zasady projektowania.

- [18] PN-B-01811:1986 Antykorozyjne zabezpieczenia w budownictwie – Konstrukcje betonowe i żelbetowe – Ochrona materiałowo-strukturalna – Wymagania.
- [19] PN-D-79601:1972 Skrzynki i komplety skrzynkowe z tarcicy zbijane. Wspólne wymagania.
- [20] PN-O-79402:1992 Opakowania transportowe tekturowe. Pudła; Zmiana A1:1995.
- [21] PN-O-79793:1996 Opakowania transportowe z tworzyw sztucznych. Worki polietylenowe otwarte zgrzewane płaskie.
- [22] PN-O-79252:1985 Opakowania transportowe z zawartością. Znaki i znakowanie. Wymagania podstawowe.
- [23] PN-EN ISO 780:2001 Opakowania. Graficzne znaki manipulacyjne.
- [24] PN-B-10021: 1980 Prefabrykaty budowlane z betonu – Metody pomiaru cech geometrycznych.
- [25] PN-EN ISO 527-2:1998 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Warunki badań tworzyw sztucznych przeznaczonych do prasowania, wtrysku i wytłaczania.
- [26] PN-EN ISO 527-1:1998 Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Zasady ogólne.
- [27] PN-EN ISO 2039-1:2004 Tworzywa sztuczne. Oznaczanie twardości. Część 1: Metoda wciskania kulki.
- [28] PN-EN ISO 179-1:2004 Tworzywa sztuczne. Oznaczanie udarności metodą Charpy'ego. Część 1: Nieinstrumentalne badanie udarności: zmiana A1:2006.
- [29] PN-EN 60243-1:2002 Metody badań wytrzymałości elektrycznej materiałów elektroizolacyjnych stałych. Część 1: Badania częstotliwości sieciowej.
- [30] PN-E-04405:1988 Materiały elektroizolacyjne stałe. Pomiary rezystancji.
- [31] PN-EN 206:2014:04 Beton – Wymagania, produkcja i zgodność.

**Uwaga:** Wyszczególnione akty prawne nie stanowią zbioru zamkniętego i obowiązywały w dniu wejścia w życie Dokumentu Normatywnego. Nowelizacja w/w aktów prawnych nie stanowi podstawy do zmiany/aktualizacji niniejszego Dokumentu.