

STANDARDOWE SPECYFIKACJE TECHNICZNE

Numer kodowy

**PSE-SF.Linia 400kV.2 PL/2022v1 -
FUNDAMENTY**

TYTUŁ :

**LINIA NAPOWIETRZNA 400 kV
ZAŁĄCZNIK 2
FUNDAMENTY**

**OPRACOWANO:
DEPARTAMENT STANDARDÓW TECHNICZNYCH**

**ZATWIERDZONO
DO STOSOWANIA**

Data

Konstancin-Jeziorna, grudzień 2022 r.

Spis treści

1	Przedmiot specyfikacji	4
2	Normy, przepisy i dokumenty powołane.....	5
3	Geotechnika.....	12
3.1	Kategoria geotechniczna.....	12
3.2	Badania podłoża gruntowego.....	12
3.2.1	Wymagania ogólne.....	12
3.2.2	Liczba punktów badawczych.....	13
3.2.3	Głębokość rozpoznania.....	13
3.3	Dokumentacja geotechnicznych warunków posadowienia.....	13
3.3.1	Wymagania ogólne.....	13
3.3.2	Opinia geotechniczna.....	14
3.3.3	Dokumentacja badań podłoża gruntowego.....	14
3.3.4	Projekt geotechniczny.....	15
3.3.5	Dokumentacja geologiczno-inżynierska.....	15
4	Materiały, kotwy i wyroby prefabrykowane.....	15
4.1	Beton.....	15
4.2	Zbrojenie.....	15
4.3	Stal profilowa.....	16
4.4	Kotwy.....	16
4.5	Wyroby prefabrykowane.....	16
5	Projektowanie fundamentów.....	17
5.1	Obciążenia na fundamenty.....	17
5.2	Projektowanie geotechniczne fundamentów.....	17
5.2.1	Fundamenty stopowe.....	17
5.2.2	Fundamenty płytowe.....	17
5.2.3	Fundamenty blokowe.....	18
5.2.4	Fundamenty palowe.....	18
5.3	Projektowanie konstrukcji fundamentów.....	18
5.4	Wymagania dodatkowe.....	19
6	Wymagania dodatkowe dla fundamentów specjalnych.....	20
6.1	Fundamenty zlokalizowane na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią.....	20
6.1.1	Dynamiczne parcie kry.....	20
6.1.2	Statyczne parcie kry.....	22
6.2	Fundamenty zlokalizowane na skarpach.....	22
7	Wykonawstwo.....	24
7.1	Przygotowanie podłoża.....	24
7.2	Betonowanie fundamentów.....	24
7.3	Kotwy.....	24
7.4	Roboty ziemne.....	24
7.5	Zabezpieczenia antykorozyjne.....	25
7.5.1	Wymagania ogólne.....	25
7.5.2	Fundamenty bezpośrednie, palowe i inne.....	25
7.5.3	Kotwy i inne elementy stalowe.....	25
7.6	Tolerancje wymiarowe ustawienia kotew fundamentowych.....	26
8	Badania.....	26

8.1	Wymagania ogólne	26
8.2	Odbiorcze badania obciążeniowe.....	26
8.2.1	Wymagania ogólne	26
8.2.2	Program badań	27
8.2.3	Raport z badań	27
8.3	Badania ciągłości pali.....	27
9	Fundamenty stalowe.....	28
9.1	Zakres stosowalności.....	28
9.2	Wymagania ogólne	28

1 Przedmiot specyfikacji

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji są wymagania w zakresie badań geotechnicznych, stosowanych materiałów, projektowania, wykonania i badań fundamentów linii elektroenergetycznych 400 kV. Specyfikację można stosować także dla fundamentów słupów linii 220 kV.

Specyfikacja nie dotyczy fundamentów słupów usytuowanych na terenach górniczych, w nurtach żeglownych rzek, na wyspach rzecznych i jeziornych oraz w innych specyficznych niekorzystnych warunkach zjawisk geologicznych np. krasowych. Fundamenty takie powinny być projektowane według odrębnych zasad i indywidualnie opracowanych założeń projektowych.

2 Normy, przepisy i dokumenty powołane

Normy opracowane przez CEN (Europejski Komitet Normalizacyjny), zmiany A, poprawki AC, Ap oraz załączniki krajowe NA.

EUROKODY ZWIĄZANE:

PN-EN 206+A2:2021- 08	Beton-Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność.
PN-EN 1090-2:2018-09	Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2. Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych
PN-EN 1990:2004-10 PN-EN 1990:2004/NA:2010-0 PN-EN 1990:2004/AC:2010-08 PN-EN 1990:2004/Ap2:2010-03 PN-EN 1990:2004/A1:2008-10 PN-EN 1990:2004/Ap1:2004-12	Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji.
PN-EN 1992-1-1:2008-09 PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2018-11 PN-EN 1992-1-1:2008/Ap3:2018-08 PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2016-11 PN-EN 1992-1-1:2008/Ap2:2016-10 PN-EN 1992-1-1:2008/A1:2015-03 PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011-03 PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010-09 PN-EN 1992-1-1:2008/Ap1:2010-03	Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (zawiera postanowienia dotyczące fundamentów, pali, zwieńczeń, itp.)
PN-EN 1992-2:2010-03 PN-EN 1992-2:2010/NA:2016-11 PN-EN 1992-2:2010/Ap2:2016-10 PN-EN 1992-2:2010/Ap1:2010-03	Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne.
PN-EN 1993-1-1:2006 PN-EN 1993-1-6:2009 PN-EN 1993-1-8: 2006	Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-8: Projektowanie węzłów.
PN-EN 1993-3-1:2008 z dodatkami	Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych:Część 3-1: Wieże, maszty i kominy-Wieże i maszty.
PN-EN 1993-5:2009-07 PN-EN 1993-5:2009/NA:2010-09	Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 5: Palowanie i ścianki szczelne.

PN-EN 1997-1:2008 PN-EN 1997-1:2008/NA:2011	Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne.
PN-EN 1997-2:2009	Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
PN-EN 1998-5:2005-05	Eurokod 8: Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym. Część 5: Fundamenty, konstrukcje oporowe i inne zagadnienia geotechniczne.
PN-EN 10080:2007	Stal do zbrojenia betonu - Spajalna stal zbrojeniowa - Postanowienia ogólne.
PN-EN 10204:2006	Wyroby metalowe - Rodzaje dokumentów kontroli.
PN-EN 13369:2018- 05	Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.
PN-EN 13670:2011	Wykonanie konstrukcji z betonu.
PN-EN 14991:2010	Prefabrykaty z betonu - Elementy fundamentów.
PN-EN 50341-1: 2013-03	Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV - Część 1: Wymagania ogólne - Specyfikacje wspólne.
PN-EN 50341-2- 22:2022-06	Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV - Część 2-22: Krajowe Warunki Normatywne (NNA) dla Polski (oparte na EN 50341-1:2012).
PN-EN 61773:2000	Elektroenergetyczne linie napowietrzne - Badanie fundamentów konstrukcji wsporczych.

Normy europejskie opracowane przez ISO (Międzynarodową Komisję Normalizacyjną).

KLASYFIKACJA GRUNTÓW I SKAŁ:

PN-EN ISO 14688-1:2018-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczenie i opis.
PN-EN ISO 14688-2:2018-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania.
PN-EN ISO 14689:2018-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczenie, opis i klasyfikowanie skał.

Polskie normy opracowane przez PKN (Polski Komitet Normalizacyjny) (wycofane)

POLSKIE NORMY DOTYCZĄCE FUNDAMENTOWANIA LINII ENERGETYCZNYCH I GEOTECHNIKI:

PN-B-04481:1988	Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
PN-B-02479:1998	Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
PN-B-02482:1983	Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.

	„Komentarz do normy PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych” Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Szczecinie, Szczecin 1985 r.
PN-B-02483:1978	Pale wielkośrednicowe wiercone – Wymagania i badania.
PN-B-03322:1980	Elektroenergetyczne linie napowietrzne - Fundamenty konstrukcji wsporczych - Obliczenia statyczne i projektowanie.
PN-B-06050:1999 PN-B-06050:1999/Ap1:2012-09	Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
PN-B-04452:2002	Geotechnika. Badania polowe.

BADANIA HYDROGEOLOGICZNE:

PN-EN ISO 22282-1:2012-08	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Część 1: Zasady ogólne.
PN-EN ISO 22282-2:2012-08	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Część 2: Badania współczynnika filtracji w otworze wiertniczym w systemie otwartym.
PN-EN ISO 22282-3:2012-08	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Część 3: Badania ciśnienia wody w skałach.
PN-EN ISO 22282-4:2021-09	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Część 4: Pompowanie próbne.
PN-EN ISO 22282-5:2012-08	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Część 5: Badania infiltracyjne.
PN-EN ISO 22282-6:2012-08	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania hydrogeologiczne. Część 6: Badania współczynnika filtracji w otworze wiertniczym w systemie zamkniętym.
PN-EN ISO 22475-1:2022-04	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Metody poboru próbek oraz pomiarów wody gruntowej. Część 1: Zasady techniczne poboru próbek gruntu, skał oraz wody gruntowej.

BADANIA POLOWE:

PN-EN ISO 22476-1:2013-03 PN-EN ISO 22476-1:2013-03/AC:2013-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 1: Badanie sondą statyczną ze stożkiem elektrycznym lub stożkiem piezo-elektrycznym.
---	--

PN-EN ISO 22476-2:2005-06 PN-EN ISO 22476-2:2005/A1:2012-03	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 2: Sondowanie dynamiczne.
PN-EN ISO 22476-3:2005-06 PN-EN ISO 22476-3:2005/A1:2012-03	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 3: Sonda cylindryczna SPT.
PN-EN ISO 22476-4:2022-02	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 4: Badanie presjometrem Menarda.
PN-EN ISO 22476-5:2013-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 5: Badanie dylatometrem.
PN-EN ISO 22476-7:2013-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 7: Próba ciśnieniowa w otworze.
PN-EN ISO 22476-12:2009-07	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania polowe. Część 12: Badanie sondą stożkową (CPTM) o końcówce mechanicznej.

OCENA ZGODNOŚCI:

PN-EN ISO/IEC 17050-1: 2010	Ocena zgodności - Deklaracja zgodności składana przez dostawcę - Część 1: Wymagania ogólne
PN-EN ISO 3834-2:2021-09	Wymagania jakości dotycząca spawania materiałów metalowych. Część 2. Pełne wymagania jakości.

OCHRONA ANTYKOROZYJNA:

PN-EN ISO 1461: 2011	Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową - Wymagania i metody badań.
PN-EN ISO 10684:2006	Części złączone. Powłoki cynkowe nanoszone metodą zanurzeniową

SPECYFIKACJE TECHNICZNE ISO/TS 17892: Badania laboratoryjne gruntu:

PKN-CEN ISO/TS 17892-1:2015-02	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 1: Oznaczanie wilgotności naturalnej.
PKN-CEN ISO/TS 17892-2:2015-02	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 2: Oznaczenie gęstości objętościowej.
PKN-CEN ISO/TS 17892-3:2016-03	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 3: Badanie gęstości właściwej.
PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2017-01	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 4: Badanie uziarnienia gruntów.
PKN-CEN ISO/TS 17892-5:2017-06	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 5: Badanie edometryczne gruntów.

PKN-CEN ISO/TS 17892-6:2017-06	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 6: Badanie penetrometrem stożkowym.
PKN-CEN ISO/TS 17892-7:2018-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 7: Ściskanie jednoosiowe.
PKN-CEN ISO/TS 17892-8:2018-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 8: Badania trójosiowe bez konsolidacji i bez odpływu.
PKN-CEN ISO/TS 17892-9:2018-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 9: Ściskanie trójosiowe z konsolidacją na próbkach całkowicie nasyconych wodą.
PKN-CEN ISO/TS 17892-10:2019-01	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 10: Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania.
PKN-CEN ISO/TS 17892-11:2019-05	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 11: Badania filtracji.
PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2018-08 PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2018-08/A1:2022-03	Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie granic płynności i plastyczności.

WYKONAWSTWO ROBÓT ZIEMNYCH I SPECJALNYCH ROBÓT GEOTECHNICZNYCH:

PN-EN 1537:2013-11	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe.
PN-EN 12063:2001-02	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne.
PN-EN 12699:2015-06	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe.
PN-EN 12715:2021-05	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Iniekcja.
PN-EN 12716:2019-01	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Iniekcja strumieniowa.
PN-EN 14199:2015-07	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Mikropale.
PN-EN 1536+A1:2015-08	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone.
PN-EN 1538+A1:2015-08	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ściany szczelinowe.
PN-EN 14475:2006-06 PN-EN 14475:2006/AC:2006-11	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Grunt zbrojony.
PN-EN 14490:2010-09	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Gwoździe gruntowe.

PN-EN 14679:2005-07 PN-EN 14679:2005/AC:2006-08	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Wgłębne mieszanie gruntu.
PN-EN 14731:2005-12	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Wzmacnianie gruntu metodą wibrowania wgłębego.
PN-EN 15237:2007-03	Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Drenaż pionowy.
PN-EN 16907-1:2019-01	Roboty ziemne. Część 1: Zasady i reguły ogólne
PN-EN 16907-2:2019-01	Roboty ziemne. Część 2: Klasyfikacja materiałów
PN-EN 16907-3:2019-01	Roboty ziemne. Część 3: Procedury budowlane
PN-EN 16907-4:2019-01	Roboty ziemne. Część 4: Obróbka gruntów wapnem i/lub spoiwami hydraulicznymi
PN-EN 16907-5:2019-01	Roboty ziemne. Część 5: Kontrola jakości
PN-EN 16907-6:2019-01	Roboty ziemne. Część 6: Roboty ziemne rekultywujące teren w technologii refulacji
PN-EN 16907-7:2019-01	Roboty ziemne. Część 7: Technologia hydraulicznego wbudowania odpadów wydobywczych

GEOTECHNICZNE BADANIA ZWIĄZANE Z DROGOWNICTWEM:

PN-EN 13286-1:2022-04	Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 1: Metody badań laboratoryjnej gęstości referencyjnej i zawartości wody. Wprowadzenie, wymagania ogólne i pobieranie próbek.
PN-EN 13286-2:2010-11 PN-EN 13286-2:2010/AC:2014-07E	Mieszanki niezwiązane i związane hydraulicznie. Część 2: Metody badań laboratoryjnych gęstości na sucho i zawartości wody. Zagęszczanie metodą Proktora.
PN-EN 13286-7:2004-08	Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 7: Próba cyklicznego obciążania trójosiowego mieszanek niezwiązanych.
PN-EN 13286-47:2022-04	Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym. Część 47: Metoda badania do określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności, natychmiastowego wskaźnika nośności i pęcznienia liniowego.

ROZPORZĄDZENIA:

Dz.U. 2012 Poz. 463 Wraz z późniejszymi zmianami	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych.
Dz.U. 2019 poz. 1839 Wraz z późniejszymi zmianami	Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko.

Dz.U. 2016 poz 2033 Wraz z późniejszymi zmianami	Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.
Dz. U. 2011 r., Nr 288, poz. 1696 Wraz z późniejszymi zmianami	Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. wraz ze zmianami wprowadzonymi Dz.U. 2015 r. poz. 964 z dnia 9 lipca 2015 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji.

INNE:

Standardowe Specyfikacje Techniczne PSE	Instrukcja wykonywania napraw i zabezpieczeń antykorozyjnych fundamentów konstrukcji słupów linii elektroenergetycznych najwyższych napięć.
PN-S-10030:1985	Obiekty mostowe. Obciążenia

W przypadku powołań datowanych ma zastosowanie wydanie cytowane. W przypadku powołań niedatowanych należy stosować aktualne normy i specyfikację techniczną.

3 Geotechnika

Przed badaniami geotechnicznymi, obiekt zaleca się wstępnie zaklasyfikować do odpowiedniej kategorii geotechnicznej. Klasyfikacji dokonuje projektant posiadający uprawnienia budowlane w branży konstrukcyjnej. Na każdym stadium projektowania i wykonywania obiektu zaleca się weryfikację wstępnie przyjętej kategorii i w razie konieczności po rozpoznaniu warunków lokalnych odpowiednio ją zmienić dostosowując do rzeczywistych warunków gruntowych.

3.1 Kategoria geotechniczna

Kategorię geotechniczną obiektu budowlanego ustala się zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U.2012 poz.463). Określa ją projektant obiektu budowlanego na podstawie badań geotechnicznych gruntu, których zakres uzgadnia z uprawnionym geologiem.

O kategorii geotechnicznej decydują dwa czynniki: stopień skomplikowania warunków gruntowych oraz typ obiektu. Ponadto przy ustalaniu kategorii geotechnicznej należy wziąć pod uwagę Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019 poz.1839).

Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego determinuje zakres badań niezbędnych do ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia oraz formę opracowań, w jakiej należy je przedstawić.

Po wykonaniu szczegółowych badań kategoria geotechniczna może ulec zmianie.

3.2 Badania podłoża gruntowego

3.2.1 Wymagania ogólne

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych wymaga dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej pozyskania danych ilościowych i jakościowych.

Zakres badań powinien być dostosowany do przyjętego modelu obliczeniowego oraz celu, któremu mają służyć (badania wstępne, badania do projektowania, badania odbiorcze).

Doboru odpowiednich metod badań należy dokonywać korzystając z informacji zawartych w normach PN-EN 1997-1, PN-EN 1997-2, PN-EN ISO 14688-1 oraz PN-EN ISO 14688-2. W przypadku projektowania zgodnie z modelami obliczeniowymi sprawdzonymi w praktyce, zakres badań powinien odpowiadać zastosowanemu modelowi, jak również odpowiadać wymaganiom norm PN-EN 50341-1 oraz PN-EN 1997-2.

3.2.2 Liczba punktów badawczych

Należy wykonywać badania podłoża gruntowego na każdym stanowisku słupa w ilości i lokalizacji pozwalającej na wykazanie ewentualnej zmienności geologicznej oraz określenia parametrów geotechnicznych niezbędnych do obliczeń statycznych fundamentów.

Wymagane jest wykonanie rozpoznania podłoża w co najmniej jednym punkcie badawczym dla każdego stanowiska słupa przelotowego i co najmniej po dwa punkty badawcze dla każdego stanowiska słupa mocnego. Każdy punkt badawczy powinien obejmować wykonanie otworu wiertniczego i stowarzyszonego sondowania geotechnicznego. Zaleca się umieszczanie wyników sondowań na przekrojach geotechnicznych, w celu wykorzystania ich do właściwej interpretacji modelu budowy geologicznej oraz poprawnego wydzielenia warstw i oceny ich stanu. Dla słupów krańcowych, kablowych i odporowo-narożnych na dużych kątach załomu trasy tj. słupów typu M9 należy pobrać próbki geotechniczne klasy A1 (NNS) do badań laboratoryjnych, celem określenia parametrów wytrzymałościowych i odkształcalności gruntu oraz weryfikacji oceny stanu gruntów metodą sondowania.

Dla każdego stanowiska słupowego w gruntach nawodnionych wymaga się badania agresywności wody w stosunku do betonu i stali. Dopuszcza się wykonanie jednego badania wody dla stanowisk znajdujących się w tym samym źródłisku wodnym, pod warunkiem potwierdzenia tego opinią uprawnionego geologa kat. IV lub V. Opcjonalnie dopuszcza się stosowanie betonów o wyższej klasie i odporności na oddziaływania środowiska.

3.2.3 Głębokość rozpoznania

Głębokość rozpoznania podłoża do celów projektowych należy przyjmować zgodnie z normą PN-EN 50341-2- 22:2022-06, p. 8.3, Tablica 8.3/PL.1. Zwraca się uwagę, że podana głębokość „ z_a ” jest głębokością poniżej poziomu posadowienia, a nie całkowitą głębokością rozpoznania podłoża.

3.3 Dokumentacja geotechnicznych warunków posadowienia

3.3.1 Wymagania ogólne

Dokumentację geotechnicznych warunków posadowienia, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, sporządza się w formie:

- opinii geotechnicznej dla wszystkich kategorii geotechnicznych;
- dokumentacji badań podłoża gruntowego dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej;
- projektu geotechnicznego dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej;
- dokumentacji geologiczno - inżynierskiej dla drugiej kategorii geotechnicznej w złożonych warunkach gruntowych oraz dla trzeciej kategorii geotechnicznej.

Z realizacji badań terenowych należy sporządzić dokumentację fotograficzną, a zdjęcia winny posiadać geo-lokalizację.

Należy wykonać następującą dokumentację fotograficzną:

- przed rozpoczęciem badania (z widocznym na zdjęciu identyfikatorem rodzaju i numeru badania),

- w trakcie realizacji badania,
- po zakończeniu badania,
- po przywróceniu terenu do stanu sprzed rozpoczęcia badania.

Ponadto z realizacji badań terenowych należy sporządzić dokumentację fotograficzną urobku pobranego z wiercenia, ułożonego w odpowiednio opisanych skrzynkach ze wskazaniem głębokości poboru.

W dokumentacji geotechnicznej, w zależności od modelu obliczeniowego przyjętego przez projektanta fundamentu, powinny być określone stosowne parametry podłoża np. w warunkach z odpływem i bez odpływu.

3.3.2 Opinia geotechniczna

Opinia geotechniczna powinna określać przydatność gruntów na potrzeby posadowienia fundamentów słupów linii elektroenergetycznej oraz wskazywać kategorię geotechniczną stanowiska słupa lub ciągu słupów. Opinię sporządza się, jako wstępną informację o budowie geologicznej i warunkach geotechnicznych w miejscach lokalizacji słupów.

Opinia powinna pozwolić na ustalenie szczegółowego zakresu badań geotechnicznych i stanowić dla projektanta informację o stopniu skomplikowania warunków gruntowych, niezbędną dla określenia kategorii geotechnicznej. W opinii należy określić, czy dotychczasowe rozpoznanie może stanowić podstawę do projektowania oraz jeśli jest niewystarczające, wskazać niezbędny zakres badań uzupełniających.

3.3.3 Dokumentacja badań podłoża gruntowego

Szczegółowe wymagania dotyczące zawartości dokumentacji badań podłoża gruntowego zawierają rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych oraz norma PN-EN 1997-1 i PN-EN 1997-2.

Dokumentacja badań podłoża gruntowego (DBPG) powinna zawierać opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntów, ich wyniki i interpretację, model geologiczny oraz zestawienie wyprowadzonych wartości danych geotechnicznych dla każdej warstwy. Dodatkowo dokumentacja powinna określać:

- wyniki badania agresywności wody gruntowej względem betonu na każdym stanowisku, chyba że wody gruntowe na kolejnych stanowiskach pochodzą z tego samego źródła i zostało to potwierdzone opinią uprawnionego geologa kat. IV lub V lub zastosowano betony o wyższej klasie i odporności na oddziaływanie środowiska.
- zakres przewidywanych zmian poziomu zwierciadła wody gruntowej,
- przydatność gruntów do zasypu fundamentu, szczególnie pod kątem możliwości ich zagęszczenia,
- ocenę możliwości wystąpienia niekorzystnych zjawisk geologicznych.

3.3.4 Projekt geotechniczny

Szczegółowe wymagania dotyczące zawartości projektu geotechnicznego (PG) zawierają Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych oraz norma PN-EN 1997-1 i PN-EN 1997-2.

3.3.5 Dokumentacja geologiczno-inżynierska

Dokumentację geologiczno-inżynierską opracowuje się zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej. Roboty geologiczne na potrzeby dokumentacji geologiczno-inżynierskiej należy wykonywać na podstawie zatwierdzonego projektu robót geologicznych, wykonanego zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. wraz ze zmianami z Rozporządzenia z dnia 1 lipca 2015 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji. Projekt robót geologicznych w odniesieniu do zakresu robót geologicznych powinien być uzgodniony z projektantem obiektu.

4 Materiały, kotwy i wyroby prefabrykowane

4.1 Beton

Beton powinien spełniać wymagania normy PN-EN 206.

Fundamenty należy projektować przy założeniu klasy ekspozycji minimum XC4 i XF3 wg PN-EN 1992-1-1 z równoczesnym uwzględnieniem ewentualnej agresywności środowiska wg normy PN-EN 206.

Przy dostawie każdego ładunku betonu towarowego producent powinien dostarczyć Krajową Deklarację Właściwości Użytkowych (KDWU) z oznakowaniem B.

4.2 Zbrojenie

Do zbrojenia fundamentów należy stosować rodzaje stali, które są zgodne z normami PN-EN 10080 oraz PN-EN 1992-1-1, spajalne, w klasie ciągliwości B lub C.

Dowodem na zgodność materiału z wymaganiami powinien być dokument kontroli wystawiany przez odpowiednią komórkę kontrolną Wytwórcy materiału zgodny z normą PN-EN 10204. Wyroby powinny być dostarczane ze Świadectwem Odbioru („rodzaj 3.1”).

Świadectwo Odbioru powinno zawierać wyniki badań, w co najmniej następującym zakresie:

- skład chemiczny,
- właściwości mechaniczne określone w statycznej próbie rozciągania w temperaturze pokojowej,
- pracę łamania w odpowiedniej temperaturze.

Szkielety zbrojeniowe (z wyjątkiem spajanych elementów zbrojenia), wykonane na podstawie projektu dokumentacji wykonawczej prac zbrojarskich, powinny być

dostarczone z DWU i oznakowaniem CE oraz uzupełnioną o oznaczenie dokumentacji według której wykonano zbrojenie.

4.3 Stal profilowa

Stal profilowa powinna spełniać wymagania zawarte w Załączniku 1 „Słupy” p. 3.1.

4.4 Kotwy

Do połączenia słupa z fundamentem należy stosować kotwy według normy PN-EN 1993-1-8. W przypadku zastosowania kotew kątownikowych, kotwy powinny spełniać wymagania określone dla stali profilowej zawarte w Załączniku 1 „Słupy” p. 3.

W przypadku zastosowania prętów zbrojeniowych należy stosować rodzaje stali, które są zgodne z normami PN-EN 10080 oraz PN-EN 1992-1-1, w klasie ciągliwości B lub C.

Dowodem na zgodność materiału kotew z wymaganiami, powinien być dokument kontroli wystawiany przez odpowiednią komórkę kontrolną Wytwórcy materiału, zgodny z normą PN-EN 10204. Wyroby powinny być dostarczane z Deklaracją Właściwości Użytkowych (DWU) wraz ze Świadectwem Odbioru „rodzaj 3.1”.

Świadectwo Odbioru powinno zawierać wyniki badań, w co najmniej następującym zakresie:

- skład chemiczny,
- właściwości mechaniczne określone w statycznej próbie rozciągania w temperaturze pokojowej,
- pracę łamania w odpowiedniej temperaturze.

Z dostawą kotew należy dostarczać kopię certyfikatu zakładowej kontroli produkcji dla konstrukcji stalowych lub aluminiowych (PN-EN 1090-1+A1:2012 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych), poświadczoną za zgodność z oryginałem, potwierdzającą, że poddano wstępny badaniom typu konstrukcje stalowe lub aluminiowe oraz poddano zakładowej kontroli produkcji konstrukcje stalowe lub aluminiowe.

4.5 Wyroby prefabrykowane

Fundamenty prefabrykowane powinny być zgodne z normami PN-EN 13369 i PN-EN 14991 i dostarczane z kopią certyfikatu zakładowej kontroli produkcji wg PN-EN 14991. Do wykonania fundamentów prefabrykowanych należy stosować materiały o własnościach nie gorszych niż określone w punktach 4.1, 4.2, 4.3 i 4.4. Wyroby powinny być cechowane w sposób trwały, a cecha powinna zawierać informację o typie elementu, producencie i dacie produkcji.

W przypadku stosowania fundamentów prefabrykowanych lub gotowych elementów handlowych (np. zbrojenie na przebicie, łączniki mechaniczne prętów zbrojeniowych, mikropale) należy dostarczyć Deklarację Właściwości Użytkowych wyrobu, a wyroby powinny być oznakowane znakiem CE. W przypadku występowania pogrążonych w prefabrykatkach stalowych nośnych elementów, w tym spawanych (np. kotwy) należy dodatkowo dostarczyć kopię certyfikatu zgodności zakładowej kontroli

produkcji zgodnie z normą PN-EN 1090-1+A1:2012 oraz kopię certyfikatu spełnienia wymagań jakości w spawalnictwie, zgodnie z normą PN-EN ISO 3834-2:2021-09.

5 Projektowanie fundamentów

5.1 Obciążenia na fundamenty

Przy projektowaniu fundamentów słupów standardowych należy uwzględnić reakcje podpór określone w Informacjach Szczegółowych poszczególnych słupów, które będą udostępnione przez Zamawiającego. W przypadku słupów projektowanych indywidualnie reakcje te powinny być określone w Projekcie Wykonawczym tych słupów.

Dla reakcji podporowych należy stosować wartość dodatkowego współczynnika obciążenia równego 1,05.

Dla fundamentów na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią należy dodatkowo uwzględnić wypór wody oraz obciążenia od parcia kry. Dane dotyczące maksymalnych poziomów wody oraz grubości kry lodowej należy pozyskać z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej lub Wód Polskich dla stosownych warunków lokalnych stanowiska słupowego lub najbliższego sąsiedztwa.

5.2 Projektowanie geotechniczne fundamentów

5.2.1 Fundamenty stopowe

Weryfikację nośności geotechnicznej fundamentów stopowych dzielonych należy wykonywać zgodnie z normą PN-EN 50341-2-22:2022-06. Zaleca się projektowanie oparte na modelach obliczeniowych podanych w normach PN-EN 50341-1:2013-03 i PN-EN 1997-1:2008. Dopuszcza się jednak stosowanie modeli sprawdzonych w praktyce, przez które rozumie się na przykład model nośności na wyciąganie, oparty o normę PN-B-03322:1980. Nie dopuszcza się stosowania modelu nośności na wciskanie wg PN-B-03322:1980.

W przypadku występowania w podłożu poniżej poziomu posadowienia słabszej warstwy geotechnicznej, w celu sprawdzenia stanów granicznych fundamentu przy wciskaniu należy uwzględnić jej wpływ na nośność i osiadanie fundamentu. Dopuszcza się stosowanie schematu obliczeniowego fundamentu zastępczego opartego o zasady normy PN-B-03020:1981.

W przypadku fundamentów słupów krańcowych, kablowych oraz słupów mocnych typu M9 obligatoryjne jest sprawdzenie nośności fundamentów przy udziale sił poziomych zarówno z siłami wrywającymi jak i wciskającymi. Dopuszcza się uproszczony sposób weryfikacji zgodnie z modelem według normy PN- B-03322:1980.

5.2.2 Fundamenty płytowe

Weryfikację nośności geotechnicznej fundamentów płytowych należy wykonywać zgodnie z wymogami norm PN-EN 1997-1:2008 oraz PN-EN 50341-2-22:2022-06.

W przypadku występowania w podłożu poniżej poziomu posadowienia słabszej warstwy geotechnicznej, w celu sprawdzenia stanów granicznych fundamentu należy uwzględnić jej wpływ na nośność i osiadania fundamentu. Dopuszcza się stosowanie schematu obliczeniowego fundamentu zastępczego opartego o zasady normy PN-B-03020:1981.

5.2.3 Fundamenty blokowe

Weryfikację nośności geotechnicznej fundamentów blokowych należy wykonywać zgodnie z wymogami normy PN-EN 1997-1:2008. Dopuszcza się przyjęcie modelu obliczeniowego według normy PN-B-03322:1980, a także dopuszcza się stosowanie innych metod, których wiarygodność i zasadność stosowania została potwierdzona w praktyce, szczególnie na podstawie obserwacji istniejących konstrukcji lub wyników próbnych obciążeń.

Posiłkując się modelem pracy fundamentów wg normy PN-B-03322:1980 należy rozróżnić dwie klasy fundamentów blokowych tj. blokowych oraz tzw. słupowych stanowiących model pośredni między konstrukcją blokową, a podatnym giętnie pałem. Przy stosowaniu modeli obliczeniowych z normy PN-B-03322:1980 należy ograniczyć smukłości fundamentów, wyrażone stosunkiem zagłębienia podstawy fundamentu do średnicy lub szerokości jego podstawy. W przypadku fundamentów blokowych stosunek ten nie powinien przekraczać 2, natomiast dla fundamentów słupowych wartości 5. Fundamenty słupowe o większej smukłości należy projektować jako mono-pałe wg odrębnych zasad.

Fundamenty słupowe wg PN-B-03322:1980 mogą być projektowane i wykonywane także w technologii studniarskiej, choć nie należy pomimo zbieżności nomenklatury mylić ich z fundamentami stricte studniowymi.

5.2.4 Fundamenty palowe

Weryfikację nośności geotechnicznej fundamentów palowych należy wykonywać zgodnie z wymogami normy PN-EN 1997-1:2008.

Obliczenia fundamentów palowych dopuszcza się wykonywać na podstawie modeli z normy PN-B-02482:1983.

Jako najbardziej miarodajne i ekonomiczne uznaje się jednak i zaleca do stosowania metody obliczeń nośności pali oparte na bezpośrednich wynikach badań „in situ” (najczęściej sondowań CPTU). Należy stosować metody obliczeń, których wiarygodność i zasadność stosowania została potwierdzona w praktyce, szczególnie na podstawie obserwacji istniejących konstrukcji oraz wyników próbnych obciążeń. Zastosowanie takich metod wymaga kalibracji w odniesieniu do wyników próbnych obciążeń statycznych zrealizowanych w podobnych warunkach gruntowych.

Długość pala powinna wynosić co najmniej 6 m i nie powinna być mniejsza niż 10 średnic pala.

5.3 Projektowanie konstrukcji fundamentów

Weryfikację nośności konstrukcyjnej fundamentów należy wykonać stosownie do wymogów materiałowych, z których zaprojektowano fundament tj. normy PN-EN 1992-1-1:2008 dla wyrobów z betonu, PN-EN 1993-1-1:2006 dla wyrobów ze stali i PN-EN 1994-1-1:2008 dla wyrobów zespolonych stalowo-betonowych.

Projektowanie można prowadzić analizując wydzielone elementy konstrukcji lub stosując zaawansowane metody obliczeniowe np. analizę komputerową MES. W każdym przypadku model obliczeniowy powinien opisywać przewidywane zachowanie się konstrukcji fundamentu.

5.4 Wymagania dodatkowe

Projektując fundamenty należy zapewnić ich zgodność z wytycznymi norm specjalistycznych (jeżeli występują dla danego typu fundamentu). W szczególności rozumie się przez to normy PN-EN 1536, PN-EN 12699 oraz PN-EN 14199.

Górna krawędź cokołu fundamentu powinna wystawać minimum 0,2 m ponad powierzchnię terenu.

Zarówno górną powierzchnię cokołu jak i teren wokół słupa należy ukształtować ze spadkami umożliwiającymi odprowadzenie wody opadowej.

Górna powierzchnia płyty fundamentowej lub oczepu powinna być zagłębiona co najmniej na 0,5m poniżej powierzchni terenu w przypadku lokalizacji fundamentów na gruntach ornych.

Fundamenty słupów krańcowych, kablowych oraz odporowo narożnych o dużym kącie załomu np. słupów typu M9, należy sprawdzać także z uwagi na warunek zarysowania. Warunek ten można uznać za spełniony przy ograniczeniu szerokości rys do wartości 0,3 mm, oraz do wartości 0,2 mm dla klas ekspozycji XA.

Poprzeczne zbrojenie trzonu powinno spełniać warunki nośności dla interakcji poprzecznych oddziaływań krawężników słupów oraz sił osiowych powstałych w betonie na skutek osiowej pracy kotew.

6 Wymagania dodatkowe dla fundamentów specjalnych

6.1 Fundamenty zlokalizowane na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią

Przy projektowaniu fundamentów zlokalizowanych na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią należy spełnić następujące wymagania:

- w obliczeniach nośności fundamentów należy uwzględnić wypór wody działającej na grunt i fundament,

- górna krawędź cokołów fundamentowych powinna być wyniesiona co najmniej 0,4 m powyżej poziomu wody 100-letniej (Q1%),

- w przypadku, gdy fundament jest narażony na uderzenia kry lub innych przedmiotów niesionych przez nurt, w obliczeniach należy uwzględnić dodatkowe parcie od kry. Dane dotyczące poziomów wody oraz grubości kry należy pozyskać z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej lub Wód Polskich. Fundament powinien być ukształtowany w taki sposób, aby przepływ był ułatwiony, a krawędzie narażone na uderzenia powinny być wzmocnione.

Poniższe wytyczne dotyczą wyłącznie minimalnych wymagań dotyczących uwzględnienia obciążeń od kry lodowej typowych fundamentów słupów zlokalizowanych na terenach zalewowych. Nie obejmują one przypadków słupów położonych bezpośrednio w nurtach żeglownych rzek, gdzie możliwe są np. kolizje z jednostkami pływającymi, wymagające indywidualnego podejścia.

6.1.1 Dynamiczne parcie kry

Dynamiczne obciążenie parciem lodu działające na fundament izbiczny słupa na obszarach szczególnie zagrożonych powodzią związany z uderzeniem kry należy traktować jak obciążenie wyjątkowe i można szacować następująco (wg PN-S-10030:1985):

- a) obciążenie działające na powierzchni czołowej przy powierzchniach nachylonych do $\pm 10^\circ$ względem pionu wg wzoru:

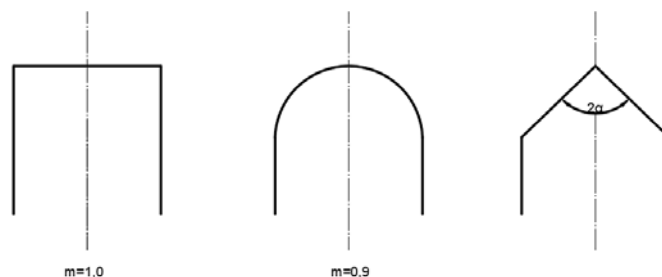
$$H_1 = m * R_1 * b * h,$$

w którym:

H_1 – pozioma siła wypadkowa w kN,

m - współczynnik kształtu, który należy przyjmować w zależności od kształtu czołowych ścian, na które działa lód:

- dla ściany płaskiej $m=1,0$
- dla ściany półokrągłej $m=0,9$
- dla pionowej krawędzi dwuściennej o kącie wewnętrznym:
 - $2\alpha = 45^\circ : m=0,60$
 - $2\alpha = 60^\circ : m=0,65$
 - $2\alpha = 75^\circ : m=0,69$
 - $2\alpha = 90^\circ : m=0,73$
 - $2\alpha = 120^\circ : m=0,81$



2α	45°	60°	75°	90°	120°
m	0,60	0,65	0,69	0,73	0,81

R_1 - wytrzymałość lodu na zmiżdżenie (ściskanie, zgniatanie) w kN/m^2 ; w przypadku braku innych udokumentowanych danych można przyjmować $R_1 = 750 kN/m^2$,

b - szerokość w metrach elementu, na który działa siła H,

h - obliczeniowa grubość lodu w metrach, którą należy przyjmować jako równą największej zaobserwowanej dotychczas grubości lodu na podstawie danych meteorologicznych IMGW.

b) przy powierzchniach czołowych nachylonych do pionu więcej niż 10° składowe siły wywołanej uderzeniem kry można obliczać wg wzorów :

– składową pionową :

$$\text{dla } \psi > 80^\circ \quad V_1 = 0$$

$$\text{dla } \psi \leq 45^\circ \quad V_2 = 0,7 * H_1$$

$$\text{dla } 45^\circ \leq \psi \leq 80^\circ \quad V_3 = V_2 * \left[\frac{80^\circ - \psi}{35^\circ} \right]$$

– składową poziomą :

$$\text{dla } \psi > 80^\circ \quad H_1 = m * R_1 * b * h,$$

$$\text{dla } \psi = 45^\circ \quad H_2 = 0,7 * H_1$$

$$\text{dla } 45^\circ \leq \psi \leq 80^\circ \quad H_3 = H_2 + (H_1 + H_2) * \left[\frac{\psi - 45^\circ}{35^\circ} \right]$$

$$\text{dla } \psi \leq 45^\circ \quad H_4 = 0,7 * H_1 * \text{tg}(\psi)$$

w których:

R_1 , h – jak wyżej,

ψ - kąt nachylenia krawędzi czołowej do poziomemu.

Obciążenie dynamicznym parciem lodu dla izbic należy mnożyć przez częściowy współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_f = 1,0$ i uwzględnić w kombinacji oddziaływań wywołujących ekstremalne wartości reakcji przekazywanych na fundamenty dla obciążeń charakterystycznych.

6.1.2 Statyczne parcie kry

Statyczne parcie lodu na fundament izbicowy słupa na terenie zalewowym związany z jego naporem przy rozszerzaniu się pokrywy lodowej należy traktować jak obciążenie użytkowe.

Obciążenie statycznym parciem lodu dla izbic należy przyjmować o wartości 200 kN/m^2 , mnożąc przez częściowy współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_f = 1,5$. Obciążenie to należy uwzględnić w kombinacji dla oddziaływań wywołujących ekstremalne wartości reakcji przekazywanych na fundamenty.

6.2 Fundamenty zlokalizowane na skarpach

Nie dopuszcza się lokalizowania słupów na skarpach o zarejestrowanych ruchach masowych i zakwalifikowanych do wykazu terenów osuwiskowych. Dla lokalizacji słupów, dla których w dokumentacji badań podłoża gruntowego stwierdzono istnienie zagrożenia wynikającego z możliwości utraty stateczności skarpy, w pierwszej kolejności także należy rozważyć zmianę lokalizacji stanowiska. W przypadku braku alternatywnych opcji i pozostawieniu lokalizacji słupa na terenie zagrożonym osuwiskami należy przewidzieć dodatkowe badania geotechniczne dla wyznaczenia prognozowanych płaszczyzn poślizgu oraz przeprowadzić ocenę stateczności skarpy i ewentualnie opracować projekt zabezpieczenia stabilności posadowienia słupa.

Ocena stateczności skarpy powinna obejmować rozpoznanie podłoża wzdłuż całego profilu skarpy, pozwalającego na jednoznaczną identyfikację układu warstw geotechnicznych. Liczba punktów badawczych powinna być adekwatna do profilu zbocza oraz jej budowy geologicznej. W przypadku skarp przyrzmatycznych, jednoliniowych należy przyjąć minimalną liczbę geotechnicznych punktów badawczych równą 4, gdzie poza miejscem lokacji słupa na zboczu (na skłonie) należy uwzględnić górną krawędź skarpy (koronę), dolną krawędź skarpy (podstawę) oraz jej podnóże poza podstawą. Punkt badawczy powinien obejmować odwiert geotechniczny, w przypadku podłoża skalnego odwiert rdzeniowy, oraz sondowanie. Podstawą oceny parametrów geotechnicznych zalegających gruntów powinny być badania laboratoryjne próbek typu A1 (NNS). W przypadku skarp nieprzyrzmatycznych tj. o geometrii przestrzennej punkty badawcze należy rozmieścić nie współliniowo, ale stosownie do budowy zbocza.

Profil skarpy należy sprecyzować pomiarami geodezyjnymi lub skanowaniem. Zastosowanie skaningu zalecane jest w szczególności dla zboczy nieprzyrzmatycznych o geometrii 3D. Wskazane jest aby profile poprzeczne precyzować technikami pomiarów ciągłych tj. z wykorzystaniem metod geofizycznych.

Sprawdzenie stateczności zbocza można prowadzić jedną ze znanych klasycznych metod (np. Felleniusa, Bishopa, Janbu, Spencera). Wymagany współczynnik stateczności skarpy określony metodami klasycznymi dla charakterystycznych wartości obciążeń i charakterystycznych parametrów geotechnicznych powinien być nie mniejszy niż 1,5. W przypadku zboczy obciążonych dodatkowo obiektami kubaturowymi, liniowymi drogowymi lub kolejowymi, czy też instalacjami przemysłowymi ich stateczność należy sprawdzać z uwzględnieniem tych oddziaływań, a wymagany współczynnik bezpieczeństwa ustalać indywidualnie.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1997-1:2008 w analizie skarp i stateczności ogólnej stosuje się podejście obliczeniowe 3 stosując zestaw

współczynników obciążeniowych A2. Obowiązująca jest następująca kombinacja współczynników częściowych: "A2" + "M2" + "R3".

Zaleca się przy ocenie stateczności skarp posłużyć się zaawansowanymi metodami obliczeniowymi z użyciem programów Metody Elementów Skończonych (MES). Współczynnik stateczności (SF) obliczony MES według metody redukcji wytrzymałości na ścinanie zdefiniowany jako stosunek wytrzymałości na ścinanie w stanie aktualnym do zredukowanej wytrzymałości na ścinanie w stanie równowagi granicznej wyraża się wzorem:

$$SF = \frac{c + \sigma_n * \tan\varphi}{c_r + \sigma_n * \tan\varphi_r}$$

Gdzie:

c- spójność,

σ_n – naprężenia normalne do płaszczyzny ścinania w momencie niszczenia gruntu,

φ – kąt tarcia wewnętrznego,

r- indeks oznaczający wartość parametru równowagi.

Zaleca się aby tak zdefiniowany współczynnik stateczności był nie mniejszy niż 1,25.

Zasadniczo podane wyżej zalecenia dotyczą skarp, dla których można zaobserwować istotne, ze względów technicznych, zmiany wartości naprężeń i odkształceń wywołanych istnieniem stoku o nachyleniu pod kątem większym niż 8°. Przy szczególnie niekorzystnej budowie niestateczne mogą być również skarpy o nachyleniu mniejszym. W przypadku skarp o nachyleniu z przedziału 5° do 8° zaleca się wykonanie wstępnych badań rozpoznawczych, w celu ostatecznej klasyfikacji zbocza. Klasyfikacji skarpy i ewentualnej potrzeby weryfikacji stateczności dokonuje uprawniony projektant w branży konstrukcyjnej i uprawniony geolog kat. VI lub VII.

7 Wykonawstwo

7.1 Przygotowanie podłoża

Fundamenty bezpośrednio należy posadzić na gruncie nośnym. W przypadku, gdy grunt rodzimy nie spełnia wymagań nośności należy przewidzieć jego wzmocnienie lub wymianę.

Pod fundamentami monolitycznymi stopowymi i blokowymi, monolitycznymi płytowymi oraz pod oczepami fundamentowymi zaleca się wykonanie warstwy z betonu podkładowego.

7.2 Betonowanie fundamentów

Fundamenty należy wykonać z betonu produkowanego w wytwórni. Podczas betonowania należy pobrać do badań próbki betonu. Pobieranie próbek betonu i ich badania powinny być wykonane zgodnie z normą PN-EN 206.

Mieszanka betonowa nie może być podawana z wysokości większej niż 0,5m ponad betonowaną powierzchnię. Mieszankę betonową należy odpowiednio zagęszczać, a następnie pielęgnować.

Szczegółowe wytyczne dotyczące pielęgnacji betonu powinny się znaleźć w projekcie.

7.3 Kotwy

Kotwy powinny spełniać wymagania dotyczące wykonania konstrukcji zawarte w Załączniku 1 „Słupy” p. 6.

7.4 Roboty ziemne

Roboty ziemne należy wykonywać zgodnie z normami serii PN-EN 16907, alternatywnie normą PN-B-06050:1999, przepisami BHP, zatwierdzonym przez kierownika budowy planem BIOZ oraz instrukcjami technologicznymi wykonywania robót fundamentowych, opracowanych przez wykonawcę.

Fundamenty należy zasypywać warstwami gruntu nośnego zagęszczanymi w sposób kontrolowany. Zaleca się wykorzystanie do zasypu gruntu rodzimego. Zasyp należy wykonywać warstwami dostosowanymi do rodzaju gruntu. W gruntach uwarstwionych dopuszcza się zastosowanie zasypu złożonego w całości z gruntów drobnoziarnistych (spoiстых). Dopuszcza się również stosowanie gruntów stabilizowanych. W przypadku konieczności wykonania zasypu w rodzimym gruncie spoiстым gruntem gruboziarnistym (niespoistym) stabilizacja zasypu jest niezbędna dla uniknięcia powstania „efektu wanny”. Stabilizację taką można wykonać np. cementem lub innym równoważnym technicznie spoiwem.

Zagęszczanie należy wykonywać warstwami o grubości umożliwiającymi odpowiednie zagęszczenie gruntu w zależności od rodzaju gruntu oraz stosowanego sprzętu. Wymagany minimalny wskaźnik zagęszczenia gruntu zasypowego wynosi $I_s = 0,95$.

Kontrolę stopnia zagęszczenia przy użyciu płyty VSS należy wykonywać na warstwach zasypu grubości maksymalnie 50cm.

Grunt wokół fundamentu należy ukształtować w sposób umożliwiający swobodny spływ wód opadowych. Odpowiednie kontrolowane zagęszczenie zasypu fundamentów

wyklucza nadmierne osiadania i eliminuje konieczność kształtowania dodatkowego wyniesienia terenu w obrębie stanowiska słupowego.

7.5 Zabezpieczenia antykorozyjne

7.5.1 Wymagania ogólne

Przy doborze sposobu zabezpieczenia antykorozyjnego fundamentów należy kierować się aktualną Standardową Specyfikacją Techniczną „Instrukcja wykonywania napraw i zabezpieczeń antykorozyjnych fundamentów konstrukcji słupów linii elektroenergetycznych najwyższych napięć”. W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może uzgodnić inne rozwiązanie zabezpieczenia antykorozyjnego.

7.5.2 Fundamenty bezpośrednie, palowe i inne

Rodzaj wykonywanej izolacji powierzchni fundamentów bezpośrednich jest zależny od agresywności gruntu i wody:

- w gruntach nieagresywnych względem betonu i stali, należy wykonać powierzchniową izolację przeciwwilgociową do głębokości przemarzania gruntu określonej dla lokalizacji stanowiska oraz stosować beton o wodoszczelności równoważnej klasie W8 według wycofanej normy PN-B-06250:1988, za którą można uznać graniczną głębokość penetracji nie przekraczającą 30mm według normy PN-EN 12390-8:2011,

- w gruntach agresywnych względem betonu i stali, należy wykonać powierzchniową izolację przeciwwodną do głębokości przemarzania gruntu określonej dla lokalizacji stanowiska oraz stosować beton odporny na bezpośrednie działanie czynników agresywnych występujących w miejscu lokalizacji fundamentu. Przez odporność betonu rozumie się takie wykonanie projektu mieszanki betonowej, która zapewni betonowi odporność względem adekwatnej klasy ekspozycji XA, przy czym należy przyjąć minimalną klasę ekspozycji XA2. Za minimalną wymaganą wodoszczelność betonu równoważną klasie W8 według wycofanej normy PN-B-06250:1988 można uznać graniczną głębokość penetracji nie przekraczającą 30mm według normy PN-EN 12390-8:2011.

W celu określenia głębokości przemarzania gruntu dopuszcza się stosowanie normy PN-B-03020:1981.

Wymogi powyższe dotyczą zarówno fundamentów monolitycznych jak i prefabrykowanych.

7.5.3 Kotwy i inne elementy stalowe

Kotwy należy cynkować ogniowo w całości zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 1461 oraz PN-EN ISO 10684 (odnośnie elementów gwintowanych). Po wykonaniu fundamentu, kotwy należy dodatkowo zabezpieczyć poprzez malowanie (system „Duplex”). Należy zastosować system malarski, który zostanie zastosowany do zabezpieczenia konstrukcji słupa.

Styki kotew z betonem fundamentu należy zabezpieczyć przed zawilgoceniem przy użyciu kitu uszczelniającego.

Wszystkie elementy stalowe stykające się z gruntem należy zabezpieczyć antykorozyjnie poprzez cynkowane całego elementu metodą zanurzeniową zgodnie z normą PN-EN ISO 1461 oraz PN-EN ISO 10684 (odnośnie elementów gwintowanych), a następnie, po zamontowaniu w fundamencie, dodatkowo zabezpieczyć dostępne

powierzchnie elementu poprzez pokrycie środkiem izolacyjnym. Przyjęty system zabezpieczenia elementów stalowych należy dostosować do agresywności środowiska gruntowego.

7.6 Tolerancje wymiarowe ustawienia kotew fundamentowych

Dopuszczalne odchyłki od rozstawu nominalnego usytuowania kotew fundamentowych nie mogą przekraczać wartości podanych w tabeli 8.4 normy PN-EN 50341-2-22:2022-06E.

8 Badania

8.1 Wymagania ogólne

Nie wymaga się przeprowadzenia badań nośności fundamentów stopowych, blokowych, studniowych oraz mono-palowych tj. pali pracujących głównie na oddziaływania boczne, o ile Zamawiający nie postanowi inaczej.

Wymaga się przeprowadzenia odbiorczych badań obciążeniowych oraz badań ciągłości pali w konstrukcjach wielopalowych.

Wymaga się badań poprawności wykonania zasypów fundamentów bezpośrednich na każdym stanowisku słupowym. Badanie należy wykonać do głębokości posadowienia lub górnej powierzchni płyty dennej aby test objął rzeczywistą objętość gruntu zasypowego poddanego zagęszczaniu nad stopą.

Zamawiający może rozszerzyć zakres badań, jak też zrezygnować z badań lub ograniczyć ich zakres.

8.2 Odbiorcze badania obciążeniowe

8.2.1 Wymagania ogólne

Wymaga się potwierdzenia projektowej nośności pali w fundamentach wielopalowych. W fundamentach palowych dla każdego stanowiska słupa grupy pierwszej tj. ze słupem krańcowym, kablowym, odporowo-narożnym o dużym kącie załomu linii tj. powyżej 30 stopni (powyżej M3) oraz słupów specjalnych wymaga się potwierdzenia nośności pali poprzez wykonanie próbnych obciążeń statycznych zarówno na wciskanie jak i wyciąganie. Badanie statyczne na wciskanie i wyciąganie na stanowiskach grupy drugiej tj. ze słupami przelotowymi oraz odporowo-narożnymi o małym kącie załomu linii tj. 30 stopni i mniej (słupy do M3 włącznie) należy wykonać na co najmniej 20% tych stanowisk palowych, lecz nie mniej niż dla jednego stanowiska. Minimalna liczba zestawów badań dla całej linii nie może być mniejsza niż testy dla dwóch stanowisk. Minimalna liczba stanowisk wyznaczonych do testów spośród grupy drugiej oraz minimalna dla całej linii odnosi się do każdego typu pali zastosowanych na linii.

Wyboru pali do badań (oddzielnie dla wciskania i wyciągania) należy dokonać w miejscach o najniekorzystniejszych warunkach geotechnicznych.

Dopuszcza się zmniejszenie liczby badań za zgodą Zamawiającego na podstawie opinii projektanta i geologa w przypadku powtarzalnej budowy geologicznej i przy analogicznych rozwiązaniach konstrukcyjnych pali. Zamawiający zastrzega sobie możliwość zwiększenia liczby badań w przypadku zmiany lub nowych rozwiązań projektowych.

Badania należy przeprowadzać zgodnie z normą PN-EN 61773 z uwzględnieniem zapisów niniejszego rozdziału.

Badania wykonuje się w oparciu o program badań.

8.2.2 Program badań

Program badań powinien zawierać:

- zakres badań,
- uzasadnienie wyboru stanowisk i pali do badania,
- wyniki badań geotechnicznych podłoża na stanowisku słupa,
- wartości maksymalnych obciążeń próbnych,
- dopuszczalne przemieszczenia pala,
- opis sposobu uchwycenia głowicy pala,
- sposób przeprowadzenia próbnych obciążeń.

Projekt badań podlega opiniowaniu przez Zamawiającego. Zamawiający zastrzega sobie prawo do jego koreferowania na własny koszt.

8.2.3 Raport z badań

Sprawozdanie z badań opracowuje wykonawca badań. Projektant opracowuje raport z badań zawierający sprawozdanie oraz opinię Projektanta dotyczącą:

- poprawności przebiegu badań,
- poprawności sprawozdania z badań,
- wartości przemieszczeń pomierzonych podczas badań,
- wyników osiągniętych podczas badań,
- poprawności projektu i wykonania pali,
- oceny wyników badań.

Raport z badań podlega opiniowaniu przez Zamawiającego. Zamawiający zastrzega sobie prawo do jego koreferowania.

8.3 Badania ciągłości pali

Wymaga się przeprowadzenia badań ciągłości dla 100% wykonywanych w terenie monolitycznych pali żelbetowych.

9 Fundamenty stalowe

9.1 Zakres stosowalności

Stosowanie fundamentów stalowych dopuszcza się w specjalnych sytuacjach projektowych, po przedstawieniu przez Wykonawcę stosownego uzasadnienia i po uzgodnieniu z Zamawiającym.

W przypadku fundamentów przeznaczonych dla stałych stanowisk słupowych dopuszcza się tylko rozwiązania bazujące na pograżonych wibracyjnie w grunt rur stalowych przeznaczonych na mono-pale dla słupów pełnościennych rurowych lub stalowych rur przeznaczonych do połączenia z oczepami w systemie wielopalowym.

W przypadku fundamentów przeznaczonych dla tymczasowych stanowisk słupowych dopuszcza się tylko stalowe systemy kotwiące odciągów stabilizacyjnych słupów. Zakotwienia te mogą być realizowane w postaci stalowych rur lub kształtowników pograżanych metodą wykopową w pozycji poziomej, w postaci stalowych rusztów z kształtowników pograżanych metodą wykopową w pozycji poziomej, pionowej lub pochyłej lub też w postaci mechanicznych zakotwień ciągnowych pograżanych dynamicznie.

Fundamenty stalowe pograżane wibracyjnie zaleca się projektować w gruntach nieagresywnych względem stali. Należy uwzględnić stosowne nadatki korozyjne równoważne 50-letniemu okresowi eksploatacji jeśli Zamawiający nie wskaże inaczej. Podstawowym zabezpieczeniem antykorozyjnym, poza nadatkiem wynikającym ze względów konstrukcyjnych, powinna być zastosowana powłoka cynkowa zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 1461:2011. Dopuszcza się w wybranych przypadkach zastosowanie metod specjalnych, jak ochrona katodowa czy natryski cementowe.

9.2 Wymagania ogólne

Materiały oraz weryfikację nośności konstrukcyjnej fundamentów stalowych należy wykonać stosownie do wymogów norm PN-EN 1993-1-1:2006, PN-EN 1993-1-6:2009, PN-EN 1993-1-8:2006 oraz PN-EN 1993-5:2009. Nośność konstrukcji należy sprawdzać po uwzględnieniu ubytków korozyjnych wg PN-EN 1993-5:2009.

Weryfikację geotechniczną fundamentów stalowych, zarówno stałych jak i tymczasowych należy prowadzić zaawansowanymi metodami obliczeniowymi z wykorzystaniem programów MES. Do oceny nośności granicznej można wykorzystać model gruntu Coulomba-Mohra. Do oceny przemieszczeń zaleca się stosować zaawansowane modele gruntów typu: Hardening Soil (HS), Hardening Soil Small (HSS), Soft Soil (SS), Cam Clay (CC) itp. modele lepiej odwzorowujące nieliniowe własności ośrodka gruntowego.

Z uwagi na niższe współczynniki tarcia w strefie kontaktu z podłożem oraz inną relację sztywności między fundamentem i otaczającym gruntem, niewskazane jest wykorzystanie klasycznych metod obliczeń sprawdzonych na fundamentach betonowych.

Zamawiający zastrzega sobie prawo do wymagania weryfikacji nośności fundamentów za pomocą badań terenowych, wg uzgodnionego programu badań.