

Załącznik do zarządzenia Nr 1/2015
Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
z dnia 8 stycznia 2015 r.



PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

Zarządca narodowej sieci linii kolejowych

Wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej

Warszawa, 2015

Regulacja wewnętrzna spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. z 2007 r. Nr 16 poz. 94 z późn. zm.) w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa ruchu kolejowego

Właściciel: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Wydawca: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
Centrum Realizacji Inwestycji
ul. Targowa 74
03-734 Warszawa
www.plk-sa.pl, [email:ir@plk-sa.pl](mailto:ir@plk-sa.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone.
Modyfikacja, wprowadzanie do obrotu, publikacja, kopiowanie i dystrybucja
w celach komercyjnych, całości lub części przepisu,
bez uprzedniej zgody PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – są zabronione

SPIS TREŚCI

ROZDZIAŁ 1.	Wstęp.....	6
§ 1.	Zakres stosowania	6
§ 2.	Terminologia	6
§ 3.	Podstawy formalno-prawne	12
§ 4.	Ogólne wymagania Eurokodu 7 dotyczące badań podłoża.....	13
ROZDZIAŁ 2.	Ocena warunków podłoża budowlanego.....	16
§ 5.	Stopień skomplikowania warunków gruntowych i kategorie geotechniczne.....	16
§ 6.	Formy dokumentacji badań.....	20
§ 7.	Wykorzystanie zebranych danych do projektowania geotechnicznego.....	22
ROZDZIAŁ 3.	Etapy badań podłoża budowlanego	23
§ 8.	Etap studium lub koncepcji modernizacji lub budowy nowych odcinków linii kolejowych	23
§ 9.	Etap projektu budowlanego modernizacji eksploatowanych linii kolejowych lub budowy nowych odcinków linii kolejowych	24
§ 10.	Etap projektu wykonawczego modernizacji eksploatowanych linii kolejowych lub budowy nowych odcinków linii kolejowych	24
§ 11.	Badania kontrolne podczas realizacji inwestycji (nadzór geotechniczny)	25
§ 12.	Monitoring w trakcie budowy i eksploatacji linii kolejowych	28
ROZDZIAŁ 4.	Projektowanie badań	30
§ 13.	Zasady ogólne projektowania badań	30
§ 14.	Analiza danych archiwalnych.....	33
§ 15.	Wizja lokalna	34
§ 16.	Projektowanie punktów dokumentacyjnych	34
§ 17.	Opis i klasyfikacja gruntów i skał	45
§ 18.	Dobór metod badań polowych	46
§ 19.	Dobór metod badań geofizycznych.....	56
§ 20.	Dobór metod badań laboratoryjnych.....	58
ROZDZIAŁ 5.	Zakres badań dla podłoża i podtorza kolejowego na odcinkach szczególnych	62
§ 21.	Grunty organiczne	62
§ 22.	Grunty zapadowe	65

§ 23. Grunty ekspansywne.....	67
§ 24. Grunty podatne na deformacje filtracyjne	68
§ 25. Grunty antropogeniczne.....	74
§ 26. Skąły i zwietrzliny	76
§ 27. Obszary występowania procesów osuwiskowych	80
§ 28. Obszary szkód górniczych	85
ROZDZIAŁ 6. Dokumentowanie badań.....	87
§ 29. Sposoby pozyskania danych	87
§ 30. Sposoby interpretacji danych.....	88
§ 31. Sposoby prezentacji danych	90
§ 32. Zakres i zawartość studium geologiczno-inżynierskiego	92
§ 33. Zakres i zawartość opinii geotechnicznej.....	94
§ 34. Zakres i zawartość dokumentacji badań podłoża gruntowego	94
§ 35. Zakres i zawartość projektu geotechnicznego – zalecenia ogólne.....	98
§ 36. Zakres i zawartość dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.....	101
ROZDZIAŁ 7. Kontrola i odbiór robót geologicznych i geotechnicznych	103
§ 37. Kontrola i nadzór inwestorski nad badaniami podłoża.....	103
§ 38. Odbiór wyników i dokumentacji.....	104
§ 39. Kontrola i monitorowanie warunków geotechnicznych podczas robót ziemnych i fundamentowych	104

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

ZAŁĄCZNIK 1.	Wybór metod badawczych w zależności od etapu projektowania	107
ZAŁĄCZNIK 2.	Zalecenia do badań kontrolnych podczas realizacji inwestycji	109
ZAŁĄCZNIK 3.	Oznaczanie gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006	110
ZAŁĄCZNIK 4.	Klasyfikacja gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-2:2006	112
ZAŁĄCZNIK 5.	Rodzaje badań polowych dla różnych etapów rozpoznania	114
ZAŁĄCZNIK 6.	Wybrane specjalistyczne badania polowe.....	115
ZAŁĄCZNIK 7.	Zalecane metody badań polowych i laboratoryjnych	118
ZAŁĄCZNIK 8.	Klasyfikacja gruntów do budowy nasypów lub budowy i naprawy podtorza [38]	121
ZAŁĄCZNIK 9.	Ocena właściwości ekspansywnych gruntów	122
ZAŁĄCZNIK 10.	Ocena masywu skalnego na podstawie rdzenia wiertniczego	124
ZAŁĄCZNIK 11.	Wskaźnik jakości masywu wg Bieniawskiego [18]	125
ZAŁĄCZNIK 12.	Profil wietrzeniowy skał [42][84]	126
ZAŁĄCZNIK 13.	Przykładowa opinia geotechniczna	127
ZAŁĄCZNIK 14.	Dobór metod badań geofizycznych	129
ZAŁĄCZNIK 15.	Zestawienie parametrów do projektowania dla odcinków szczególnych	133
ZAŁĄCZNIK 16.	Charakterystyka gruntów antropogenicznych	137
ZAŁĄCZNIK 17.	Obszary deformacji na terenach górniczych	139
ZAŁĄCZNIK 18.	Obszary osuwiskowe	141
ZAŁĄCZNIK 19.	Klasyfikacja i oznaczanie gruntów organicznych	148
ZAŁĄCZNIK 20.	Obciążenia cykliczne	150
ZAŁĄCZNIK 21.	Bibliografia	153
ZAŁĄCZNIK 22.	Spis tabel	158
ZAŁĄCZNIK 23.	Spis rysunków.....	159

ROZDZIAŁ 1. Wstęp

§ 1. Zakres stosowania

1. Przedmiotem wytycznych są wymagania, dotyczące rozpoznania i badań podłoża gruntowego pod obiekty infrastruktury kolejowej oraz informacje dotyczące metod badań, interpretacji oraz prezentacji ich wyników.
2. Celem wytycznych jest:
 - 1) określenie i ujednoczenie zasad projektowania prac, badań i robót geologicznych oraz programowania badań geotechnicznych, służących do ustalania przydatności podłoża i oceny warunków posadowienia obiektów liniowych i inżynierskich;
 - 2) ustalenie sposobu wykonywania badań;
 - 3) określenie zakresu badań polowych, laboratoryjnych i specjalistycznych;
 - 4) określenie formy opracowania dokumentacji;
 - 5) właściwe i racjonalne projektowanie, budowa i eksploatacja obiektów liniowych, inżynierskich i towarzyszących infrastruktury kolejowej.
3. Wytyczne są przeznaczone dla administracji kolejowej, wykonawców badań podłoża gruntowego oraz jednostek projektujących budowę infrastruktury kolejowej. Należy je stosować przy projektowaniu, programowaniu i wykonywaniu badań podłoża gruntowego oraz przy opracowaniu opisów przedmiotu zamówienia na potrzeby budowy i modernizacji obiektów infrastruktury kolejowej.
4. Wytyczne obejmują badania podłoża gruntowego obiektów liniowych, inżynierskich i towarzyszących oraz zawierają wskazówki dotyczące wykorzystania poszczególnych metod badań. Wytyczne uwzględniają trzy etapy realizacji inwestycji: planowanie, budowę i eksploatację, stopień skomplikowania warunków gruntowych i kategorię geotechniczną.
5. Zaleca się, aby badania wykonywać zgodnie z normami, przepisami i dokumentami branżowymi, których wykaz zawiera ZAŁĄCZNIK 21.

§ 2. Terminologia

1. **Badania geologiczno-inżynierskie i geotechniczne** – to projektowanie i wykonywanie różnymi metodami badań polowych i laboratoryjnych, ich interpretacja oraz inne czynności, które służą opracowaniu jakościowego i ilościowego modelu geologicznego, zawierającego informacje o rodzajach gruntów i skał, ich genezie, stratygrafii, układzie i relacjach przestrzennych, właściwościach fizyczno-mechanicznych, chemicznych, a także o zjawiskach i procesach geologicznych, hydrogeologicznych i pokrewnych w celu ustalania stopnia skomplikowania warunków gruntowych, określenia złożoności warunków geologiczno-inżynierskich, sporządzania dokumentacji dla wyboru lokalizacji, projektowania, realizacji i eksploatacji obiektów budowlanych oraz w celach naukowych.

Badania geologiczno-inżynierskie wykonywane są na podstawie ustawy Prawo geologiczne i górnicze [50], a badania geotechniczne w oparciu o ustawę Prawo budowlane [49].

2. **Drenaż** – urządzenie odwadniające, umożliwiające zebranie i szybkie (najczęściej grawitacyjne) odprowadzenie wód wzdłuż ustalonej trasy do sieci odprowadzającej lub bezpośrednio do odbiornika.
3. **Droga kolejowa** - nawierzchnia kolejowa wraz z podtorzem i budowlami inżynierskimi oraz gruntem, na którym jest usytuowana.
4. **Infrastruktura kolejowa** – linie kolejowe oraz inne budowle, budynki i urządzenia wraz z zajęтыми pod nie gruntami, usytuowane na obszarze kolejowym, przeznaczone do zarządzania, obsługi przewozu osób i rzeczy, a także utrzymania niezbędnego w tym celu majątku zarządcy infrastruktury.
5. **Kartowanie geologiczno-inżynierskie** – zespół czynności mających na celu zebranie i opracowanie graficzne wszystkich obserwacji i zjawisk geologicznych, występujących w strefie przypowierzchniowej i mających znaczenie z punktu widzenia warunków i potrzeb budowlanych.
6. **Kolejowy obiekt inżynierski** – budowla wydzielona jako osobny środek trwały będąca mostem, wiaduktem, przejściem pod torami, przepustem, tunelem liniowym, kładką dla pieszych lub ścianą oporową.
7. **Konstrukcja podtorza** - układ warstw ziemnych naturalnych lub specjalnie przygotowanych z materiałów mineralnych wraz ze sposobem ich połączenia.
8. **Korpus nasypu** - grunt ponad podłożem gruntowym.
9. **Linia kolejowa** – droga kolejowa mająca początek i koniec wraz z przyległym pasem gruntu, na którą składają się odcinki linii, a także budynki, budowle i urządzenia przeznaczone do prowadzenia ruchu kolejowego wraz z zajęтыми pod nie gruntami.
10. **Masyw skalny** - skała występująca w miejscu powstania wraz z powierzchniami nieciągłości i strefami zwietrzałymi.
11. **Materiał skalny** - monolityczny fragment masywu skalnego ograniczony powierzchniami nieciągłości.
12. **Modernizacja podtorza (przebudowa i rozbudowa)** – prace mające na celu przystosowanie podtorza do wyższych niż dotychczasowe parametrów techniczno-eksploatacyjnych (np. prędkości, nacisków osi taboru, natężeń przewozów).
13. **Ocena geotechnicznych warunków posadowienia obiektu** - opracowanie ustalające przydatność gruntu w celu właściwego i bezpiecznego zaprojektowania obiektu, wykonane na podstawie przeprowadzonych badań podłoża. Ocena obejmuje określenie kategorii geotechnicznej budowli lub jej fragmentów, zestawienie informacji i danych

liczbowych o właściwościach gruntów oraz wartości charakterystycznych i obliczeniowych parametrów geotechnicznych gruntów w podłożu i bezpośrednim otoczeniu obiektu. Ocena zawiera zalecenia konstrukcyjne oraz prognozę współdziałania konstrukcji z podłożem i jej zachowania się w czasie budowy i eksploatacji - w odniesieniu do konkretnego obiektu. Ocena geotechnicznych warunków posadowienia obiektu wymaga w zależności od kategorii geotechnicznej obiektu opracowania: opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża i projektu geotechnicznego.

14. **Osuwisko** – forma geomorfologiczna, która powstała na skutek grawitacyjnego przemieszczenia się mas gruntowych lub skalnych na stoku i/lub jego podnóża.
15. **Podłoże gruntowe** – obszar gruntu występujący pomiędzy poziomem posadowienia rozpatrywanego obiektu, a głębokością, do której uwzględnia się oddziaływanie budowli.
16. **Podłoże wzmocnione** - warstwa gruntu rodzimego, ulepszanego przez działanie mechaniczne, chemiczne lub wykonanie elementów wzmacniających, w celu poprawienia jego stateczności i zmniejszenia osiadań lub ujednoczenia podłoża gruntowego.
17. **Podtopienie** - to wystąpienie wód gruntowych w strefie od 0 do 50 cm pod powierzchnią terenu (podmokłość) lub ponad powierzchnię terenu (zalewisko) spowodowane niekorzystnymi warunkami geologicznymi i hydrogeologicznymi oraz czynnikami antropogenicznymi.
18. **Podtorze** – kolejowa budowla ziemne wraz z urządzeniami ją zabezpieczającymi, ochraniającymi i odwadniającymi, podlegająca oddziaływaniom eksploatacyjnym, wpływom klimatycznym oraz wpływom podłoża gruntowego zalegającego bezpośrednio pod podtorzem i w najbliższym jego otoczeniu.
19. **Powódź** – czasowe pokrycie wodą terenu, który normalnie nie jest pokryty wodą powstałe na skutek wezbrania wody w ciekach naturalnych, zbiornikach wodnych, kanałach oraz od strony morza, powodujące zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej.
20. **Praca geologiczna** – projektowanie i wykonywanie badań oraz innych czynności w celu m. in. określania warunków hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich, a także sporządzanie map i dokumentacji geologicznych.
21. **Punkt dokumentacyjny** - miejsce, w którym dokonuje się z wymaganą dokładnością bezpośrednich obserwacji, pomiarów i badań, charakteryzujących strefę od powierzchni terenu aż do dolnej powierzchni granicznej środowiska geologiczno-inżynierskiego. Jest to definicja podstawowego punktu dokumentacyjnego. Pomocniczy punkt dokumentacyjny jest źródłem ograniczonych danych lub otrzymujemy z niego dane z mniejszą niż wymagana dokładnością [16].

22. **Robota geologiczna** – wykonywanie w ramach prac geologicznych wszelkich czynności poniżej powierzchni terenu, w tym przy użyciu środków strzałowych, a także likwidacja wyrobisk po tych czynnościach.
23. **Skala** - występujący w warunkach naturalnych zespół minerałów, skonsolidowanych, scementowanych lub w inny sposób powiązanych ze sobą, tworzących materiał o wytrzymałości i sztywności większej od gruntów.
24. **Skarpa** - zewnętrzna boczna powierzchnia nasypu, o kształcie i nachyleniu dostosowanym do właściwości gruntu i warunków lokalnych.
25. **Specjalistyczne roboty geotechniczne** – zespół specjalistycznych robót budowlanych, mających na celu wzmocnienie podłoża gruntowego, wzmocnienie istniejących fundamentów, wykonawstwo skomplikowanych robót fundamentowych i ziemnych oraz zapewnienie bezpiecznej realizacji obiektu budowlanego, w szczególności wykonywanie: iniekcji klasycznej i strumieniowej, kotw gruntowych, pali, mikropali, kolumn konsolidacyjnych, gruntów zbrojonych, ścianek szczelnych, ścian szczelinowych, tuneli, studni i kesonów oraz innych specjalistycznych metody wykonawstwa robót ziemnych i fundamentowych.
26. **Torowisko** – górna powierzchnia podtorza - powierzchnia kontaktowa między nawierzchnią kolejową a podtorzem o odpowiednim profilu, łącznie z ławami torowiska.
27. **Urządzenia odwadniające** - urządzenia i konstrukcje zabezpieczające przed napływem wód powierzchniowych i podziemnych oraz zbierające i odprowadzające te wody do naturalnych lub sztucznych zbiorników w celu zapewnienia ciągłej sprawności eksploatacyjnej podtorza.
28. **Węzeł badawczy** – zestaw punktów dokumentacyjnych złożony z przynajmniej jednego otworu wiertniczego i jednego sondowania.
29. **Wyrobisko badawcze** – ogólne określenie obejmujące wiercenia, wykopy, doły próbne, szybiki, odkrywki, odsłonięcia itp. Jest to miejsce, w którym dokonuje się z wymaganą dokładnością bezpośrednich obserwacji, pomiarów i badań, charakteryzujących strefę od powierzchni terenu aż do dolnej powierzchni granicznej środowiska geologiczno-inżynierskiego.
30. **Wysokość nasypu** - pionowa odległość mierzona w osi nasypu między torowiskiem a powierzchnią terenu.
31. **Zasyпка** – grunt dobrze przepuszczalny, odpowiednio zagęszczony, układany bezpośrednio za ścianą przyczółka, w celu zapewnienia właściwego odwodnienia tego obszaru.

Tab. 1-1 Spis użytych symboli, oznaczeń i skrótów

Symbol, skrót	Opis	Jednostka
τ	wytrzymałość gruntu na ścinanie	kPa
ν	współczynnik Poissona	-
γ	odkształcenie postaciowe	%
ε	odkształcenie	%
σ_C	wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	MPa
τ_m	wytrzymałość na ścinanie zwierzeliny	kPa
σ_T	wytrzymałość na rozciąganie	MPa
τ_{zw}	wytrzymałość na ścinanie gruntu macierzystego	kPa
AS	próbka ze świdra spiralnego	-
BAT	Sondowanie BAT do oceny przepuszczalności	-
BDGI	Baza Danych Geologiczno-Inżynierskich	-
BDOT	Baza Danych Obiektów Topograficznych	-
BET	metoda laboratoryjna pomiaru propagacji fali sejsmicznej w aparacie trójosiowym za pomocą tzw. piezoelektryków (Bender Element Test)	-
c'	spójność efektywna	kPa
CBDG	Centralna Baza Danych Geologicznych	-
CBDH	Centralna Baza Danych Hydrogeologicznych	-
CBR	wskaźnik nośności	%
C_C	wskaźnik krzywizny	-
C_{CaCO_3}	zawartość węglanów	%
CH	inwazyjna metoda polowa z wykorzystaniem pomiarów propagacji fali sejsmicznej – pomiędzy otworami (<i>crosshole</i>)	-
C_{OM}	zawartość części organicznych	%
CPTU	badanie sondą statyczną z pomiarem ciśnienia wody w porach gruntu (badanie piezostóżkiem)	-
CS	próbka rdzeniowa	-
$C_{SO_4^{2-}}$ $C_{SO_3^{2-}}$	zawartość siarczanów	%
CSWS	analiza ciągła fal powierzchniowych (<i>continuous surface wave system</i>)	-
C_U	wskaźnik jednorodności	-
$c_u (S_u)$	wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	kPa
DH	inwazyjna metoda polowa z wykorzystaniem pomiarów propagacji fali sejsmicznej w kierunku od powierzchni do głębokości pomiarowej (<i>downhole</i>)	-
DMT	badanie dylatometrem płaskim Marchettiego	-
DP	sondowanie dynamiczne	-
E, E_0	moduł liniowej odkształcalności, moduł Younga	MPa
E_0	moduł odkształcenia w zakresie bardzo małych odkształceń, $E_0=E_d$	MPa
E_{50}	sieczny moduł sztywności – przy wartości połowy dewiatora naprężenia $q/2$	
EC7	Eurokod 7 [73], [74]	-
E_d	dynamiczny moduł odkształcenia	MPa
E_{DMT}, E_d	moduł dylatometryczny	MPa
E_p	wskaźnik pęcznienia	%
E_s	statyczny moduł odkształcenia – sieczny moduł odkształcenia	MPa
E_{ur}	moduł odkształcenia odciążenia i obciążenia wtórnego	
FDT	badanie cylindrycznym dylatometrem sprężystym	-
f_s	tarcie na poboczniczy w sondowaniu CPTU	kPa
FVT	badanie sondą obrotową	-
GDR	Projekt geotechniczny (<i>geotechnical design report</i>)	-
GIR	Dokumentacja badań podłoża gruntowego (<i>geotechnical investigation report</i>)	-
G_{max}, G, G_0	moduł odkształcenia postaciowego (<i>shear modulus</i>)	MPa
GW	poziom wody	-
GWC	pomiar wody w systemie zamkniętym (piezometr, Casagrande'a)	-

PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

Symbol, skrót	Opis	Jednostka
GWO	pomiar wody w systemie otwartym (piezometr)	-
H _{kb}	kapilarność bierna	m
I _D	stopień zagęszczenia	-
I _{DMT} , I _d	współczynnik materiałowy w badaniach DMT	-
I _L	stopień plastyczności	-
I _P	wskaźnik plastyczności	-
I _{s50}	wskaźnik wytrzymałości	MPa
ISOK	Informatyczny System Osłony Kraju	-
K	Moduł odkształcenia objętościowego	MPa
k	współczynnik filtracji	m/s
K ₀	współczynnik parcia bocznego w stanie spoczynku	-
K _a	współczynnik parcia czynnego	-
K _{DMT} , K _d	współczynnik składowej pionowej naprężenia	-
K _p	współczynnik parcia biernego	-
LA	współczynnik odporności na rozdrabianie metodą Los Angeles	%
M	moduł ściśliwości,	MPa
MASW	wielokanałowa analiza fal powierzchniowych (<i>multichannel analysis of surface waves</i>)	-
MCPT	badanie sondą statyczna bez pomiaru ciśnienia wody w porach stożkiem mechanicznym	-
MGP	Mapa Geośrodowiskowa Polski w skali 1: 50 000	-
MGŚP	Mapa Geologiczno-Środowiskowa Polski w skali 1: 50 000	-
MHP	Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1: 50 000	-
n	porowatość	- lub %
N	liczba uderzeń z sondy dynamicznej	-
N _k	współczynnik poprawkowy do wyników badania CPT	-
N _{kt}	współczynnik poprawkowy do wyników badania CPTU	-
NMT	Numeryczny Model Terenu	-
OCR	wskaźnik przekonsolidowania	-
OS	próbnik otwarty	-
p ₁	ciśnienie odkształcenia membrany w grunt	kPa
Pc	ciśnienie pęcznienia	kPa
PIL	próbné obciążenie pali,	-
p _{LM}	ciśnienie graniczne Ménarda	kPa
PLT	próbné obciążenia płytą	-
PMT	badanie presjometrem Menard'a	-
p _o	ciśnienie początkowe (kontaktowe) membrany	kPa
PS	próbka o nienaruszonej strukturze	-
q	dewiator naprężenia ($\sigma_1 - \sigma_3$)	kPa
q _c	opór pod stożkiem z sondowania CPTU	MPa
q _t	opór pod stożkiem przy zagłębieniu skorygowany ze względu na wpływ ciśnienia porowego	MPa
RCT	kolumna rezonansowa - metoda laboratoryjna do określania częstotliwości rezonansowej, parametrów sztywności i tłumienia gruntu (<i>Resonant Column Test</i>)	-
RDT	badanie dylatometrem do skał	-
R _f (F _R)	stosunek tarcia do oporu na stożku w %	-
RMR	wskaźnik jakości masywu	-
RQD	wskaźnik spękania masywu	-
RS	badanie w pierścieniowym aparacie bezpośredniego ścinania	-
SASW	analiza spektralna fal powierzchniowych (<i>spectral analysis wave system</i>)	-
SB	badanie w skrzynkowym aparacie bezpośredniego ścinania	-
SCPTU	badanie piezostożkiem sejsmicznym	-
SCR	uzysk litego rdzenia	-
SDMT	badanie dylatometrem sejsmicznym	-

Symbol, skrót	Opis	Jednostka
SE	badania sejsmiczne,	-
SMGP	Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000	-
SOPO	System Osłony Przeciwosuwiskowej	-
SPT	badanie sondą cylindryczną	-
SR	sondowanie gruntu i skał,	-
SS	sondowanie statyczne,	-
T (t)	czas dojścia fali sejsmicznej od źródła do odbiornika	s
TCR	całkowity uzysk rdzenia	-
TOPO	Topograficzna Baza Danych	-
TP	próbka z wykopu otwartego	-
TX	badanie w aparacie trójosiowego ściskania	-
u	ciśnienie wody w porach gruntu	kPa
UH	inwazyjna metoda polowa z wykorzystaniem pomiarów propagacji fali sejsmicznej w kierunku od głębokości pomiarowej do powierzchni (<i>uphole</i>)	-
$V_{(P, SH)}$	prędkość fali sejsmicznej	m/s
VMAP	Baza Danych Geoprzestrzennych	-
V_p	prędkość fali sejsmicznej, podłużnej	m/s
w	wilgotność	%
w_L	granica płynności	%
w_p	granica plastyczności	%
WP	wskaźnik piaskowy	%
WST	badania sondą wkręcaną	-
w_{z1}, w_{z2}	wskaźniki wietrzenia	%
Δ (L, T lub s, t)	różnica pomiędzy długości (w przypadku drogi fali np. pomiędzy geofonami, lub różnica czasu - dojścia fali na poszczególnych geofonach	-
ρ	gęstość objętościowa gruntu	Mg/m ³
ρ_{dm}	gęstość objętościowa szkieletu gruntu macierzystego	Mg/m ³
ρ_{dzw}	gęstość objętościowa szkieletu zwierzeliny	Mg/m ³
ρ_s	gęstość właściwa szkieletu gruntowego	Mg/m ³
φ'	efektywny kąt tarcia wewnętrznego	°

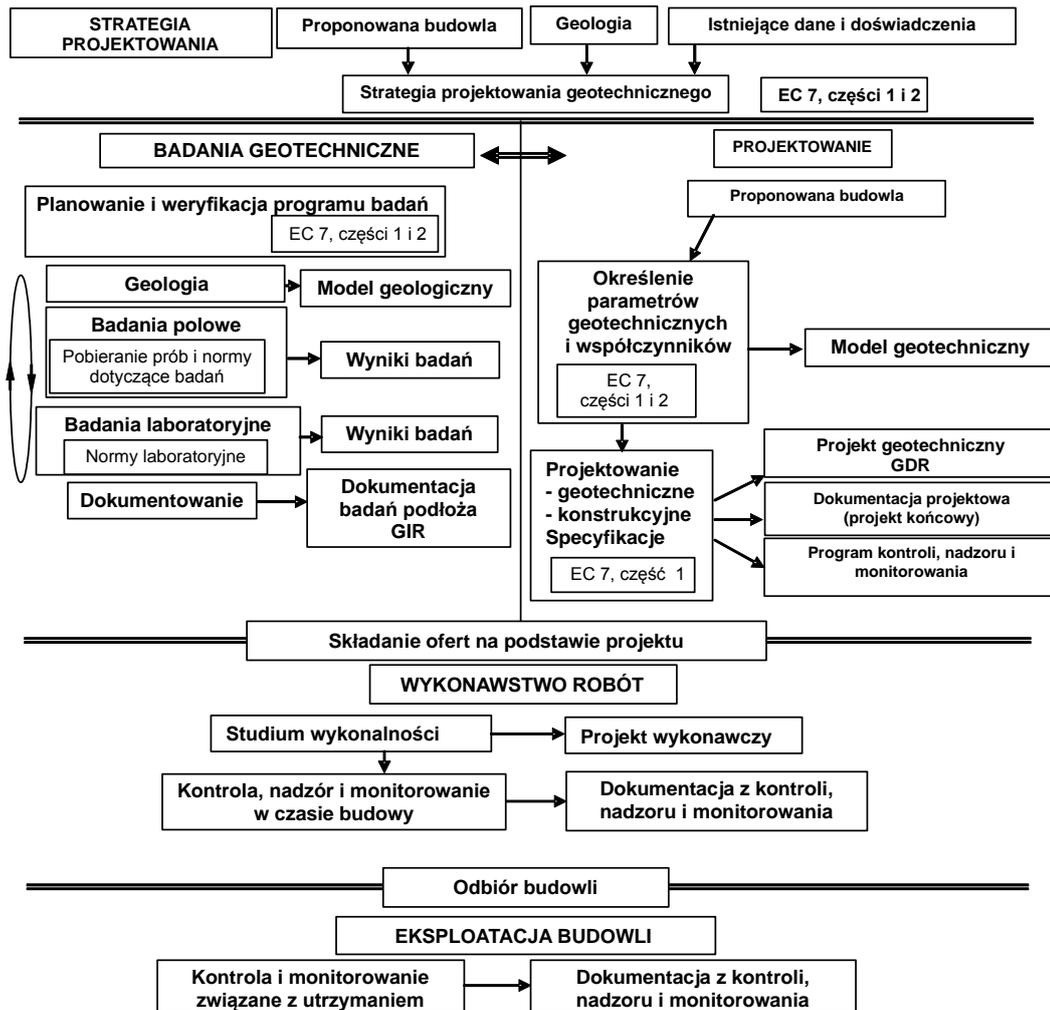
§ 3. Podstawy formalno-prawne

1. Podstawy prawne dotyczące badań podłoża gruntowego wynikają z następujących przepisów:
 - 1) ustawa z 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2014 poz. 1133) [50];
 - 2) rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. 2014, poz. 596) [64];
 - 3) ustawa z 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. 2014, poz. 822) [49];
 - 4) rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r., poz. 463) [61].
 - 5) rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2012 r., poz. 462) [62];

2. Badania geologiczno-inżynierskie wykonywane są zgodnie z ustawą Prawo geologiczne i górnicze [50], natomiast badania geotechniczne na podstawie zapisów ustawy Prawo budowlane [49].
3. Ustawa Prawo budowlane [49] wskazuje w art. 34 ust 3 pkt 4, że projekt budowlany powinien zawierać w zależności od potrzeb, wyniki badań geologiczno-inżynierskich oraz geotechniczne warunki posadowienia obiektów budowlanych. Potrzeby te zostały zdefiniowane w rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. [61].
4. W świetle powyższych zapisów krajowa praktyka w zakresie wykonywania badań podłoża gruntowego jest następująca:
 - 1) w większości przypadków wykonuje się badania geotechniczne, dla których podstawę prawną stanowi ustawa Prawo budowlane [49];
 - 2) badania geologiczno-inżynierskie wykonuje się na etapie projektu budowlanego, tylko w przypadku obiektów budowlanych drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej zgodnie z § 7 ust. 3 rozporządzenia [61].

§ 4. Ogólne wymagania Eurokodu 7 dotyczące badań podłoża

1. Eurokod 7 (w skrócie EC7) stanowi zbiór dwóch norm: PN-EN 1997-1 [73] i PN-EN 1997-2 [74], do których opracowany został załącznik krajowy [75]. EC7 reguluje całokształt zagadnień projektowania geotechnicznego. Rozróżnia ona dwa zakresy działań przedstawione na Rys. 1-1:
 - 1) badania geotechniczne obejmujące planowanie badań, określenie modelu geologicznego, badania polowe i laboratoryjne oraz dokumentację badań podłoża,
 - 2) projektowanie obejmujące interpretację wyników badań, m.in. określenie parametrów geotechnicznych i współczynników (modelu geotechnicznego), projektowanie geotechniczne i konstrukcyjne oraz specyfikacje robót, program kontroli i nadzoru.
2. Wymaga się stosowania zaleceń Eurokodu 7 do wykonywania badań podłoża gruntowego będących przedmiotem wytycznych.

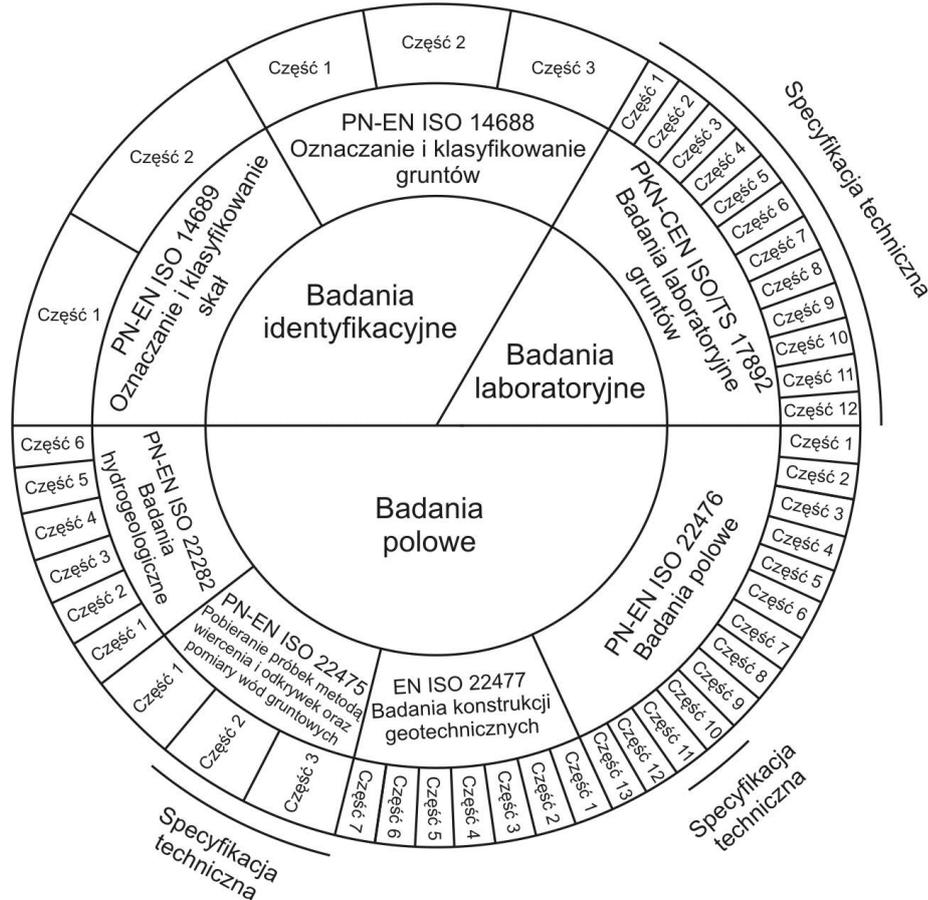


Rys. 1-1 Etapy badań podłoża podczas projektowania geotechnicznego, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych wg Eurokodu 7 [73]

3. Norma PN-EN 1997-1 [73] zawiera ogólne wytyczne dotyczące badań podłoża w zakresie: planowania badań, ustalania wartości parametrów geotechnicznych oraz podstawowe uwarunkowania wobec niektórych powszechnie stosowanych badań laboratoryjnych i polowych oraz wymogów przy interpretacji i ocenie wyników badań; a także wymagania dla opracowania i zawartości dokumentacji geotechnicznych. Norma określa również zawartość projektu geotechnicznego GDR, m.in. opis obiektu i warunków podłoża, ustalenie wartości obliczeniowych parametrów geotechnicznych, geotechniczne obliczenia projektowe, zalecenia i specyfikacje dotyczące kontroli robót, utrzymania i monitorowania konstrukcji.
4. Norma PN-EN 1997-2 [74] jest przeznaczona do stosowania łącznie z normą PN-EN 1997-1 [73]. Zawiera ona bardziej szczegółowe zalecenia dotyczące planowania, prowadzenia i dokumentowania badań, ogólne wymagania dotyczące samego wykonywania badań dla wybranych (powszechnie stosowanych) metod badań polowych i laboratoryjnych oraz

sposobu interpretacji i szacowania wyników (w załącznikach informacyjnych), a także wymagania dotyczące sposobu wyprowadzania wartości parametrów i współczynników geotechnicznych.

5. Normę PN-EN 1997-2 [74] należy stosować łącznie z powołanymi w niej normami i specyfikacjami technicznymi (EN i EN-ISO) dotyczącymi identyfikacji gruntów i skał, badań polowych i laboratoryjnych (Rys. 1-2). Jest to zbiór procedur badawczych dla poszczególnych metod, w których znajdują się szczegółowe wymagania dotyczące sprzętu, aparatury pomiarowej, metodyki przeprowadzania oraz sposobu przedstawiania wyników badań.



Rys. 1-2 Schemat podziału norm pomocniczych do Eurokodu 7 – dotyczących klasyfikacji, badań polowych i laboratoryjnych [4].

6. Zgodnie z normą PN-EN 1997-2 [74], rozpoznanie podłoża powinno dostarczyć dane mające znaczenie dla planowanych prac i stanowić podstawę do określenia wartości parametrów geotechnicznych istotnych dla wszystkich faz budowy.
7. Informacje o podłożu powinny umożliwić ocenę:
 - 1) przydatności danej lokalizacji dla proponowanej budowli i ocenę poziomu ryzyka geotechnicznego;

- 2) odkształceń podłoża wywołanych przez budowlę lub roboty budowlane, rozkładu przestrzennego i przebiegu w czasie;
 - 3) bezpieczeństwa w odniesieniu do stanów granicznych;
 - 4) obciążeń przekazanych na budowlę przez podłoże (np. boczne parcie na pale);
 - 5) wyboru metod posadowienia i kolejności prac fundamentowych;
 - 6) oddziaływania budowli, prac budowlanych i jej użytkowania na otoczenie;
 - 7) dodatkowych zabezpieczeń konstrukcyjnych (np. podparcie wykopu, zakotwienie, usuwanie przeszkód);
 - 8) zanieczyszczenia podłoża w miejscu lokalizacji i w jego sąsiedztwie oraz skuteczności środków zapobiegawczych.
8. Należy ustalić przydatność badanych gruntów i skał do wykorzystania ich jako materiałów budowlanych.
 9. Projekt geotechniczny jest częścią projektu konstrukcji obiektu, wykonywaną w etapach projektu budowlanego i wykonawczego. Dokumentacja badań podłoża GIR stanowi część projektu geotechnicznego.
 10. Wytyczne i zalecenia Eurokodu 7 wraz z ich porównaniem z polskimi normami oraz uzupełniającym komentarzem zawiera Poradnik ITB [29].
 11. W przypadku zmiany treści norm podanych w wytycznych, stosowanie ich należy uzgodnić z PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

ROZDZIAŁ 2. Ocena warunków podłoża budowlanego

Ocena warunków podłoża budowlanego polega na ustaleniu geotechnicznych warunków posadowienia. Sposób przeprowadzenia takiej oceny reguluje rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [61]. Zakres badań niezbędnych do ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia oraz forma, w jakiej należy je przedstawić zależy od kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego.

§ 5. Stopień skomplikowania warunków gruntowych i kategorie geotechniczne

1. Zgodnie z zapisami rozporządzenia [61] zakres badań i stopień udokumentowania podłoża niezbędny do oceny geotechnicznych warunków posadowienia wynika bezpośrednio z kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego. O kategorii geotechnicznej decydują dwa czynniki: stopień skomplikowania warunków gruntowych oraz typ obiektu. Kategorię geotechniczną obiektu ustala projektant i może ona ulec zmianie po stwierdzeniu innych od przyjętych w badaniach warunków geotechnicznych. Kategorię geotechniczną należy weryfikować na każdym etapie realizacji inwestycji, począwszy od etapu studium i koncepcji aż po etap projektowania i wykonawstwa obiektu.

2. Według rozporządzenia [61] wyróżnia się trzy rodzaje warunków gruntowych:
 - 1) **proste** - występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, nie obejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;
 - 2) **złożone** - występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadowienia i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;
 - 3) **skomplikowane** - występujące w przypadku warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacitektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.
3. Zakres badań niezbędnych do oceny warunków podłoża budowlanego ustala się w zależności od kategorii geotechnicznej. Zgodnie z rozporządzeniem [61] wyróżnia się trzy kategorie geotechniczne obiektu budowlanego. Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego determinuje formę opracowań, jakie należy sporządzić w ramach ustalania geotechnicznych warunków posadowienia (Rys. 2-1).
4. Dla obiektów infrastruktury kolejowej, projektowanych lub modernizowanych na obszarach występowania skomplikowanych warunków gruntowych lub zaliczonych do infrastruktury krytycznej należy zawsze przyjmować trzecią kategorię geotechniczną.
5. Dla nowoprojektowanych linii kolejowych wchodzących w skład transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości lub transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnej, po których jest prowadzony ruch pociągów międzynarodowych należy zawsze przyjmować trzecią kategorię geotechniczną. Wynika to z zaliczenia ich do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, zgodnie z zapisami rozporządzenia [66]. Nie dotyczy to przypadków modernizacji w niewielkim zakresie, gdy przedsięwzięcie nie zalicza się do inwestycji mogącej zawsze znacząco oddziaływać na środowisko.

Rodzaje konstrukcji budowlanych	Stopień złożoności podłoża		
	Warunki proste	Warunki złożone	Warunki skomplikowane
<p>niewielkie obiekty budowlane, o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym</p> <p>- 1- lub 2- kondygnacyjne budynki, - ściany oporowe i rozparcia wykopów o różnicy poziomów mniejszej niż 2,0 m - wykopy do głębokości 1,2 m, nasypy budowlane do wysokości 3,0 m</p>	pierwsza kategoria geotechniczna	druga kategoria geotechniczna	trzecia kategoria geotechniczna
<p>obiekty budowlane, wymagające ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych</p> <p>- fundamenty bezpośrednie i głębokie - ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe o różnicy poziomów > 2,0 m - wykopy o gł. >1,2 m, nasypy budowlane o wysokości > 3,0 m, inne budowle ziemne - przyczółki i filary mostowe - kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące</p>	druga kategoria geotechniczna	druga kategoria geotechniczna	trzecia kategoria geotechniczna
<p>- nietypowe obiekty budowlane</p> <p>- mosty przez rzeki o świetle ponad 100 m., - głębokie wykopy poniżej zwierciadła wody, - fundamenty nietypowe, - konstrukcje narażone na wstrząsy sejsmiczne, - konstrukcje położone na terenach górniczych kat. II i wyższych, - obiekty których nie można zaliczyć do żadnych z dwóch kategorii, - tunele w miękkich skałach i spękanych, obciążonych wodami naporowymi, - wykopy prowadzone w trudnych warunkach wśród zabudowy, - obiekty zaliczane do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko</p>	trzecia kategoria geotechniczna	trzecia kategoria geotechniczna	trzecia kategoria geotechniczna



- konieczność sporządzenia dokumentacji geologiczno-inżynierskiej

Forma opracowania geotechnicznych warunków posadowienia



- opinia geotechniczna



- opinia geotechniczna + dokumentacja badań podłoża + projekt geotechniczny



- opinia geotechniczna + dokumentacja badań podłoża + projekt geotechniczny

Rys. 2-1 Diagram kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego i form przygotowania geotechnicznych warunków posadowienia [19]

6. W pozostałych przypadkach kategorię geotechniczną należy przyjmować zgodnie z rozporządzeniem [61], w zależności od obiektu (budynek, nasyp, wykop) i z uwzględnieniem poniższych zaleceń.
7. **Pierwszą kategorię geotechniczną** przyjmuje się w prostych warunkach gruntowych do następujących konstrukcji lub ich części:
 - 1) wykopów powyżej zwierciadła wody;

- 2) nasypów o wysokości do 3 m oraz ścian oporowych i zabezpieczeń wykopów, gdy różnica poziomów nie przekracza 2 m;
 - 3) płytkich do głębokości 1,2 m wykopów przy układaniu przepustów lub przewodów, rowów odwadniających itp.;
 - 4) budynków jedno- lub dwukondygnacyjnych o prostej konstrukcji, posadowionych na typowych fundamentach bezpośrednich.
8. **Druga kategoria geotechniczna** obejmuje pozostałe typowe rodzaje konstrukcji i fundamentów, gdy **nie występują skomplikowane** warunki podłoża. Kategorię geotechniczną drugą można przyjmować do następujących konstrukcji lub ich części:
- 1) typowych posadowień bezpośrednich i palowych podpór mostowych i budynków o złożonej konstrukcji;
 - 2) ścian oporowych lub innych konstrukcji oporowych, utrzymujących grunt i wodę; zabezpieczeń wykopów, gdy różnica poziomów jest większa od 2 m;
 - 3) kotew gruntowych i podobnych systemów.
9. **Trzecia kategoria geotechniczna** obejmuje konstrukcje lub ich części, których nie można zaliczyć do Kategorii pierwszej lub drugiej. Należą do niej wszystkie obiekty w **skomplikowanych** warunkach podłoża oraz konstrukcje nietypowe, zaliczane do inwestycji mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko oraz obiekty infrastruktury krytycznej.
10. Rozporządzenie [61] do trzeciej kategorii geotechnicznej zalicza również tunele w twardych i niespękanych skałach pomijając zupełnie tunele w skałach spękanych i miękkich. Z praktycznego punktu widzenia tunele w twardych i niespękanych skałach, nie obciążone wodami naporowymi i niewymagające szczególnej szczelności, tuneli odkrywkowych itp. należałoby zaliczyć do drugiej kategorii geotechnicznej, jednak jest to niezgodne z przepisami i dla wszystkich tuneli należy przyjmować trzecią kategorię geotechniczną.
11. Trzecia kategoria geotechniczna powinna być przyjmowana do następujących konstrukcji lub ich części:
- 1) mostów przez rzeki o świetle ponad 100 m lub o rozpiętości przęseł powyżej 100 m;
 - 2) głębokich wykopów poniżej zwierciadła wody;
 - 3) nietypowych fundamentów głębokich i specjalnych;
 - 4) konstrukcji narażonych na wstrząsy sejsmiczne lub położonych na terenach górniczych kategorii II i wyższych;
 - 5) wykopów prowadzonych w trudnych warunkach, zwłaszcza wśród zabudowy;
 - 6) tuneli w skałach miękkich i spękanych, obciążonych wodami naporowymi, wymagających szczelności.

§ 6. Formy dokumentacji badań

1. W zależności od rodzaju badań podłoża gruntowego (geologiczno-inżynierskie, geotechniczne) opracowujemy różne dokumenty końcowe, które mają odmienny status prawny.
2. W każdym przypadku należy opracować program badań zgodnie z normą [74], uzgodniony z projektantem obiektu i zaakceptowany przez Inwestora. Jeżeli na potrzeby dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wykonywane są roboty geologiczne należy dodatkowo opracować projekt robót geologicznych, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji [63]. Projekt robót geologicznych w odniesieniu do zakresu robót geologicznych powinien być uzgodniony z projektantem obiektu i zaakceptowany przez Inwestora.
3. W przypadku wykonywania badań geologiczno-inżynierskich formą dokumentacji badań jest dokumentacja geologiczno-inżynierska, która swoje umocowanie prawne ma w ustawie Prawo geologiczne i górnicze [50]. Dokumentację tą sporządza się w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby posadawiania obiektów budowlanych. Szczegółowy zakres dokumentacji dla określenia warunków posadawiania obiektów budowlanych inwestycji liniowych jest opisany w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [64].
4. Badania geotechniczne wykonujemy na potrzeby ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. Geotechniczne warunki posadowienia, zgodnie z rozporządzeniem [61], sporządza się w formie:
 - 1) opinii geotechnicznej (art. 8) dla wszystkich kategorii geotechnicznych;
 - 2) dokumentacji badań podłoża gruntowego GIR dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej (art. 9);
 - 3) projektu geotechnicznego GDR dla drugiej i trzeciej kategorii geotechnicznej (art. 10).
5. Rozporządzenie [61] nie precyzuje na jakim etapie procesu budowlanego należy opracować opinię geotechniczną. Zgodnie z ustawą Prawo Budowlane [49] badania podłoża gruntowego należy wykonywać na etapie projektu budowlanego. W związku z tym, przygotowanie opinii geotechnicznej powinno nastąpić na etapie projektu budowlanego. W opinii geotechnicznej należy określić, czy dotychczasowe rozpoznanie może stanowić podstawę do projektowania oraz jeśli dotychczasowe rozpoznanie jest niewystarczające, wskazać niezbędny zakres badań z uwzględnieniem parametrów technicznych projektowanej/modernizowanej linii kolejowej. Zakres ten powinien być uzgodniony z projektantem obiektu i zaakceptowany przez Inwestora.

6. W praktyce często spotyka się przypadki opracowywania dwóch dokumentacji o bardzo podobnym zakresie – dokumentacji badań podłoża i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Dlatego też, do czasu wprowadzenia zmian w przepisach w zakresie zróżnicowania zawartości tych dwóch dokumentów zaleca się, w przypadkach, w których wymagane jest opracowanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, powinna ona być opracowaniem o szerszym ujęciu zagadnień geologicznych i hydrogeologicznych, specyfiki obszaru, prognozy zmian warunków geologicznych w wyniku realizacji inwestycji oraz zagadnień związanych z ochroną środowiska, a dokumentację badań podłoża opracowywać jako dokument uzupełniający.
7. W rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [66], linie kolejowe, w zależności od kategorii, zostały zaliczone do przedsięwzięć mogących zawsze lub potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko, ponieważ modernizacja i budowa nowych linii kolejowych, stanowi silną ingerencję w środowisko naturalne, powodując zmiany ekologiczne. Znaczny wpływ na środowisko mają urządzenia odwadniające linie kolejowe i stacje. W określonych przypadkach mogą powodować zanieczyszczenie wód podziemnych, które zgodnie z art. 98 ust.1 ustawy Prawo ochrony środowiska [52] i art. 38 ustawy Prawo wodne [55] podlegają ochronie przed zanieczyszczeniami.
8. W związku z powyższym w przypadku przebiegu linii kolejowej przez obszary ochronne zbiorników wód podziemnych może być wymagane opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej, w przypadku wykonywania prac mogących negatywnie oddziaływać na wody podziemne, w tym powodować ich zanieczyszczenie. Konieczność opracowania dokumentacji hydrogeologicznej mogą wskazać służby odpowiedzialne za ochronę środowiska.
9. Zakres i zawartość poszczególnych opracowań przedstawiono w rozdziale 6. W tabeli Tab. 2-1 podano wymagane dokumenty w zależności od etapu inwestycji.

Tab. 2-1 Wymagane formy opracowań wyników badań podłoża gruntowego w zależności od etapu inwestycji.

Etap inwestycji		Wymagany dokument	Podstawa prawna	Etap badań wg [74]
Planowanie	Wizja	-		
	Koncepcja Studium wykonalności Program funkcjonalno-użytkowy (PFU)	Studium geologiczno-inżynierskie	Brak	Badania wstępne mające na celu wybór lokalizacji i koncepcję budowli
	Projekt budowlany i wykonawczy	Opinia geotechniczna	Prawo budowlane	Badania do celów projektowania
	Program badań	Brak (określone w [74])		

Etap inwestycji		Wymagany dokument	Podstawa prawna	Etap badań wg [74]
		Projekt robót geologicznych, jeśli wykonywane są roboty geologiczne Dokumentacja geologiczno-inżynierska Dokumentacja hydrogeologiczna (jeśli wymagana odrębnymi przepisami)	Ustawa Prawo geologiczne i górnictwa [50]	
		Dokumentacja badań podłoża gruntowego Projekt geotechniczny	Ustawa Prawo budowlane [49]	
Budowa	Wybór inżyniera kontraktu Wybór wykonawcy inwestycji	-	-	-
	Budowa infrastruktury	Raport geotechniczny	Brak	Badania kontrolne i monitoringowe (Badania uzupełniające)
	Przekazanie linii do eksploatacji	-	-	-
Eksploatacja (utrzymanie)	Eksploatacja Konserwacja	Raport geotechniczny	Brak	Badania kontrolne i monitoringowe (Badania uzupełniające)

§ 7. Wykorzystanie zebranych danych do projektowania geotechnicznego

1. Na podstawie całości uzyskanych danych projektant powinien:
 - 1) ocenić przydatność rozpatrywanej lokalizacji dla proponowanej budowli;
 - 2) przeanalizować możliwe warianty i dokonać wyboru rozwiązania budowli ziemnych, fundamentów i konstrukcji oporowych, urządzeń odwadniających;
 - 3) określić sposób wykonania elementów konstrukcji (uwzględniający np. ulepszenie podłoża, możliwości wykonania wykopów, zastosowanie pali, drenażu) oraz potrzebnych zabezpieczeń konstrukcyjnych (np. obudowy wykopu, zakotwienia);
 - 4) dokonać wyboru wartości charakterystycznych parametrów geotechnicznych odpowiednio do rozpatrywanych stanów granicznych;
 - 5) wykonać obliczenia geotechniczne konstrukcji;
 - 6) ocenić wpływ obiektów budowlanych oraz ich budowy na otoczenie.
2. Należy także ocenić parametry geotechniczne badanych gruntów i skał pod kątem wykorzystania ich jako materiałów budowlanych oraz przydatności do zamierzonego wykorzystania.
3. Posadowienie budowli ziemnych, obiektów inżynierskich i innych konstrukcji (w tym podtorze i podłoża) powinno spełniać warunki stanów granicznych nośności (SGN) i użyteczności (SGU). Zgodnie z [73] należy sprawdzić stany graniczne nośności:
 - 1) nasypów i przekopów - GEO – zniszczenia podłoża i stateczności ogólnej;

- 2) fundamentów: STR - zniszczenia konstrukcji i GEO – zniszczenia podłoża;
 - 3) konstrukcji oporowych: GEO – zniszczenia podłoża i stateczności ogólnej oraz dodatkowo EQU – równowagi;
 - 4) tuneli i przejść podziemnych: dodatkowo UPL – zniszczenia przez wypór wody.
4. Ponadto należy sprawdzić stany graniczne użytkowalności (SGU) konstrukcji: osiadania, różnice osiadań, przechylenia, przemieszczenia boczne, uniesienia.
 5. Analiza powinna uwzględniać stan docelowy konstrukcji oraz stany przejściowe w czasie robót.

ROZDZIAŁ 3. Etapy badań podłoża budowlanego

§ 8. Etap studium lub koncepcji modernizacji lub budowy nowych odcinków linii kolejowych

1. Etap studium lub koncepcji modernizacji lub budowy nowych odcinków linii kolejowych ma na celu dostarczenie podstawowych informacji na temat podłoża gruntowego, umożliwiających wybór najkorzystniejszego wariantu (w przypadku nowych odcinków linii kolejowych) trasy oraz przyjęcie koncepcji rozwiązań technicznych pozwalającej na wstępne oszacowanie kosztów realizacji inwestycji i oceny jej wpływu na środowisko.
2. Na tym etapie najistotniejsze jest określenie:
 - 1) ogólnego modelu budowy geologicznej i warunków hydrologicznych oraz hydrogeologicznych;
 - 2) odcinków problematycznych, na których występują skomplikowane warunki gruntowe;
 - 3) możliwości pozyskania materiału do wbudowania w nasypy;
 - 4) przejawów niekorzystnych zjawisk występujących w podłożu istniejących linii kolejowych (dotyczy modernizacji).
3. Na tym etapie należy opracować studium geologiczno-inżynierskie, oparte w szczególności o dane pozyskane z materiałów archiwalnych, analizę opracowań kartograficznych i zdjęć lotniczych i satelitarnych, uzupełnione badaniami polowymi, w tym w szczególności geofizycznymi oraz wizją lokalną. Opracowanie to ma na celu wstępne rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i geotechnicznych oraz zdefiniowanie zagrożeń geologicznych mogących mieć wpływ na realizację inwestycji.
4. W przypadku modernizacji linii kolejowej oprócz oceny warunków geologicznych należy przeprowadzić wizję terenową polegającą na obserwacjach wzdłuż linii w poszukiwaniu wszelkich przejawów niekorzystnych zjawisk występujących w podłożu zwracając uwagę w szczególności na: deformacje nasypów, występowanie tzw. wychlapów, wysięków, przejawów spęływania gruntów na skarpach wykopów, występowanie spękań w podtorzu i

w podporach obiektów inżynierskich, innych odkształceń (np. obrót i osiadanie podpór obiektów inżynierskich).

§ 9. Etap projektu budowlanego modernizacji eksploatowanych linii kolejowych lub budowy nowych odcinków linii kolejowych

1. Badania podłoża gruntowego na tym etapie powinny dostarczyć danych dotyczących podłoża gruntowego, niezbędnych do oceny warunków geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych, ustalenia wartości wyprowadzonych parametrów geotechnicznych oraz opisu modelu geologicznego użytego w obliczeniach projektowych. W rozpoznaniu podłoża jest to tzw. etap badań podstawowych – jako podstawa założeń do celów projektowych.
2. Badania do projektu budowy nowych odcinków linii kolejowych mają na celu:
 - 1) ustalenie ostatecznego przebiegu linii kolejowej wskazanego na etapie studium lub koncepcji oraz wskazanie lokalizacji obiektów inżynierskich w kontekście warunków gruntowo-wodnych, jeśli jest to możliwe;
 - 2) charakterystykę odcinków problematycznych (szczególnych);
 - 3) dostarczenie danych wymaganych do właściwego zaprojektowania robót ziemnych;
 - 4) dostarczenie informacji potrzebnych do zaplanowania technologii budowy;
 - 5) rozpoznania trudności, jakie mogą wyniknąć podczas budowy w celu wstępnej kalkulacji kosztów;a w przypadku modernizacji linii kolejowych:
 - 6) dostarczenie informacji o aktualnym stanie w zakresie podtorza i podłoża obiektów inżynierskich, w celu określenia zakresu modernizacji.
3. Wyniki badań do projektu budowlanego powinny w sposób wiarygodny określić przestrzenny układ i właściwości całego podłoża istotnego dla projektowanego obiektu lub podlegającego wpływowi planowanych robót. W przypadku projektu budowlanego związanego z modernizacją, eksploatowanych linii kolejowych rozpoznanie podłoża gruntowego ma na celu weryfikację danych określonych w dokumentacjach archiwalnych (aktualizacja warunków) oraz dostarczenie nowych danych w związku z planowanym zakresem modernizacji poprzez rozszerzenie zakresu badań.

§ 10. Etap projektu wykonawczego modernizacji eksploatowanych linii kolejowych lub budowy nowych odcinków linii kolejowych

1. Projekt wykonawczy uzupełnia lub modyfikuje projekt budowlany. Określa on sposób wykonania budowli oraz precyzuje konstrukcję i wymiary elementów.
2. Przed rozpoczęciem realizacji inwestycji należy wykonać badania uzupełniające lub wynikające z rozwiązań projektowych. Szczegółowe rozpoznanie w tym etapie jest podstawą wyboru metody wzmocnienia podłoża oraz zaprojektowania posadowienia.

3. Badania powinny umożliwić określenie warstw geotechnicznych i parametrów gruntów z dokładnością odpowiadającą wymaganiom obliczeń nośności i stateczności budowli. Podłoże powinno być rozpoznane do głębokości strefy aktywnej oddziaływania budowli.

§ 11. Badania kontrolne podczas realizacji inwestycji (nadzór geotechniczny)

Badania kontrolne podczas realizacji inwestycji w zakresie badań odbiorczych podłoża i kontroli wbudowywania gruntów w ramach robót ziemnych obejmują czynności i sposoby oceny dotyczące odbioru wykopów fundamentowych, kontroli zagęszczenia podsypek i zasypek, nośności gruntów dla podłoża i warstw nasypowych dla podtorza kolejowego, kontrolę uziarnienia i zagęszczalności stosowanych kruszyw oraz oceny przydatności gruntów przeznaczonych do wbudowania. Opisane czynności stanowią zakres prac związany z nadzorem geotechnicznym. Są to elementy najczęściej wykonywane, natomiast podany opis nie wyczerpuje możliwości prowadzenia innych, niekiedy specjalistycznych, badań mających na celu kontrolę poprawności wykonania przyjętych założeń projektowych.

1. Wymagania ogólne

Kontrola w ramach nadzoru geotechnicznego obejmuje głównie sprawdzenie właściwości gruntów występujących w dnie wykopów i podłożu wykopów oraz kontrolę zagęszczenia gruntów wbudowywanych dla różnych celów (posypki, zasypki, podtorze, inne).

Kontrolę należy wykonać po wykonaniu wykopu, bezpośrednio przed rozpoczęciem robót fundamentowych. W przypadku przerwania robót po wykonaniu wykopu na dłuższy okres czasu, należy przeprowadzać dodatkową kontrolę bezpośrednio przed przystąpieniem do robót fundamentowych.

Jeżeli projekt nie stanowi inaczej, zakres kontroli powinien obejmować co najmniej sprawdzenie rodzaju i stanu gruntów w poziomie posadowienia fundamentów.

Kontrolę rodzaju gruntów należy wykonywać na podstawie badań makroskopowych. Oceny stanu gruntów muszą być potwierdzone wynikami badań ilościowych: polowych (np. sondowania) lub laboratoryjnych.

Jeżeli w poziomie posadowienia występują różne rodzaje gruntów lub grunty spoiste różniące się stanem, w ramach kontroli należy określić granicę pomiędzy wydzielonymi warstwami i zaznaczyć ją na planie.

Kontrolę przeprowadza się poprzez porównanie wyników oceny z warunkami założonymi w projekcie.

Badania kontrolne i ich wynik powinny być udokumentowane w raporcie geotechnicznym. Raport powinien zawierać: opis wykonanych prac, termin ich wykonania, lokalizację i numery punktów badań kontrolnych, wyniki badań oraz ocenę kontroli zgodnie z wymaganiami Instrukcji [38] oraz standardów technicznych [85] i [86].

Jeżeli warunki gruntowe stwierdzone w wyniku kontroli są gorsze od przyjętych w projekcie fundamentów, projektant powinien określić tryb dalszego postępowania (np. zakres dodatkowych badań kontrolnych, sposób wzmocnienia podłoża lub możliwość przystąpienia do robót fundamentowych).

Jeżeli warunki gruntowe w poziomie posadowienia są zgodne z założonymi w projekcie, raport może stanowić podstawę odbioru końcowego wykopu. To samo dotyczy odbiorów gruntów wbudowywanych, uzyskanie zagęszczenia zgodnego z założonymi w projekcie stanowi podstawę odbioru robót.

Odbiór końcowy robót ziemnych powinien być przeprowadzony po ich zakończeniu i powinien być dokonywany na podstawie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, geotechnicznej lub geotechnicznych warunków posadowienia oraz oceny aktualnego stanu wykonanych robót, także protokołów z odbiorów częściowych. Wyniki odbioru końcowego należy zamieścić w raporcie geotechnicznym.

Jeżeli wszystkie przewidziane badania kontrolne i odbiory częściowe robót wykazują, że zostały spełnione wymagania określone w projekcie, to wykonane roboty ziemne należy przyjąć.

Wynik odbioru powinien być udokumentowany w formie protokołu i wpisu osoby uprawnionej do dziennika budowy.

2. Metody badań

Przyjmuje się zasadę, że badanie odbiorcze i kontrolne (zagęszczenia i jednorodność wbudowywanych materiałów) wykonuje się tymi samymi metodami, które wykorzystywane były do wykonania dokumentacji. Zakłada się w tym celu możliwości stosowania sond dynamicznych (DPL, DPM, DPH, DPSH) lub innych wykorzystywanych w czasie dokumentowania oraz wykonywanie wierceń ręcznych lub małośrednicowych.

Kontrolę stopnia zagęszczenia powierzchniowej warstwy gruntu (o miąższości do 2. średnic płyty) należy wykonać płytą statyczną VSS oraz uzupełniającą płytą dynamiczną.

Wymagany sposób i częstotliwość badań przedstawia ZAŁĄCZNIK 2.

Badanie sondą dynamiczną pozwala na określenie stopnia zagęszczenia (I_D), a w przypadku gruntów o potwierdzonych związkach korelacyjnych również określenie wskaźnika zagęszczenia (I_S). Metoda ta jest szczegółowo opisana i zestandaryzowana w [74]. Przed interpretacją wykres sondowania dynamicznego należy zweryfikować. Weryfikacja wykresów polega na eliminacji stref nagłych wzrostów liczby uderzeń spowodowanych występowaniem lokalnych przeszkód (np. otoczaki, kawałki drewna itp.), oraz wydzieleniu stref o podobnej, możliwej do uśrednienia liczbie uderzeń, z uwzględnieniem granic zmian rodzajów gruntu.

W polskiej praktyce sprawdzone korelacje do interpretacji wyników sondowań podano w normie [77], które bazują na doświadczeniach niemieckich.

Ocenę przydatności gruntów istniejących do wbudowania w nasyp oraz kruszyw należy wykonywać na podstawie badań laboratoryjnych (analiza uziarnienia oraz zagęszczalność w aparacie Proctora) na podstawie losowo pobranych próbek z partii gruntu czy kruszywa wskazanych na budowie. Próbki do badań uziarnienia pobierane są w zależności od potrzeb i różnorodności materiału w ilości 1 próbka o naturalnym uziarnieniu na każde 1000 m³. Kontrola zagęszczalności poza metodami polowymi (VSS i LFG), sprawdzana jest poprzez pobieranie próbek klasy 1 i 2 NNS (próbki o nienaruszonej strukturze pobierane próbnikiem cylindrycznym) w ilości 1 próbka na 5000m² wbudowywanej powierzchni dla każdej warstwy. Próbki te są odnoszone do wyników badań wykonanych dla wskazanego materiału w aparacie Proctora. Pod drogi szynowe i kołowe oraz place składowe o ile jest to wymagane przez projektanta, zamiennie mogą być wykonywane badania CBR. W ramach nadzorów geotechnicznych wykonuje się również bieżącą kontrolę materiałów (kruszyw) stosowanych na budowie, poprzez ocenę makroskopową używanego materiału, a w przypadkach wątpliwych pobierane są dodatkowo próbki do badań laboratoryjnych.

3. Ocena wyników

Ocenę wyników badań kontrolnych należy prowadzić poprzez porównania wyników badań w wykopie z wartościami podanymi w projekcie fundamentów lub geotechnicznych warunkach posadowienia.

Dla oceny zagęszczenia powierzchniowej warstwy gruntu przyjmuje się następujące zasady oceny:

- W przedziale głębokości 0-1 m od poziomu posadowienia odbiór należy wykonać za pomocą badania płytą statyczną VSS i uzupełniająco płytą dynamiczną
- W przedziale głębokości 1-3 m od poziomu posadowienia odbiór należy wykonać za pomocą sondowania lekką sondą dynamiczną DPL
- Dopuszcza się odbiór płytą dynamiczną po wcześniejszym badaniu płytą VSS i ustaleniu współczynnika korelacji między E_2 i E_{vd} .
- Wymagana wartość wskaźnika zagęszczenia na głębokości do 1 m od poziomu posadowienia powinna być zgodna z wymaganiami projektowymi.
- Ocenę nośności gruntu pod obiekty, drogi szynowe i kołowe oraz place składowe wykonuje się na podstawie wykonanych badań kontrolnych w odniesieniu do wartości wymaganych i przedstawia we wnioskach w końcowych raportach geotechnicznych.
- Badania kontrolne podsypiek i podtorza należy wykonywać zgodnie z [38].

Ocena wyników badań kontrolnych musi zawierać wnioski w zakresie:

- zgodności występujących gruntów w wykopie z dokumentacją geologiczno-inżynierską i/lub dokumentacją badań podłoża;
- zgodności zagęszczenia przy uwzględnieniu przyjętego w projekcie I_D ;

- zgodności zagęszczenia warstwy powierzchniowej, zasypek, podsypek przy uwzględnieniu przyjętego w projekcie I_s .

W przypadku zgodności warunków stwierdzonych w wykopie z dokumentacją badań podłoża i/lub geologiczno-inżynierską i projektową uznaje się odbiór za pozytywny, co umożliwia przejście do robót fundamentowych.

W przypadku stwierdzenia warunków geologicznych gorszych niż założono w projekcie, należy powiadomić niezwłocznie o tym projektanta i podjąć stosowne działania.

Odbiór końcowy podłoża i wykopu kolejnego fundamentu powinien odbywać się w obecności nadzoru geotechnicznego, projektanta, inspektora nadzoru inwestorskiego na podstawie raportów geotechnicznych. Odbiór ten powinien być wpisany do dziennika budowy. Raporty geotechniczne kierowane są do kierownika budowy, inspektora nadzoru i projektanta.

§ 12. Monitoring w trakcie budowy i eksploatacji linii kolejowych

1. Ogólne wymagania dotyczące monitorowania budowli określone są w [73].
2. Celem monitorowania jest:
 - 1) sprawdzenie słuszności założeń podczas projektowania odnośnie zachowania konstrukcji;
 - 2) upewnienie się, że zbudowana konstrukcja będzie nadal zachowywać się zgodnie z wymaganiami;
 - 3) ocena stanu eksploatowanej konstrukcji.
3. Program monitorowania powinien być określony w projekcie geotechnicznym. Należy prowadzić dokumentację obserwacji w celu oceny rzeczywistego zachowania konstrukcji oraz tworzenia bazy danych porównawczych. Monitorowanie może obejmować: pomiary odkształcenia podłoża gruntowego spowodowane przez konstrukcję, wartości oddziaływań, wartości naprężeń kontaktowych między podłożem gruntowym a konstrukcją, ciśnienia wody w porach, sił i przemieszczeń (przemieszczenia pionowe lub poziome, obroty i odkształcenia postaciowe) w elementach konstrukcji. Wyniki monitorowania należy zawsze ocenić i zinterpretować. Powinno to być zwykle wykonane w sposób ilościowy. Wyniki pomiarów powinny być rozpatrywane łącznie z obserwacjami terenowymi.
4. Długość okresu monitorowania po zakończeniu budowy zaleca się określać w wyniku obserwacji uzyskanych podczas budowy. Dla obiektów, które mogą niekorzystnie wpływać na znaczne obszary otaczającego środowiska, lub których awaria może stanowić duże ryzyko dla życia lub mienia, zaleca się monitorowanie przez więcej niż dziesięć lat od zakończenia budowy lub nawet przez cały okres użytkowania konstrukcji.
5. Przy programowaniu monitorowania obiektów, które mogą mieć niekorzystny wpływ na warunki gruntowe lub wodne, należy uwzględnić możliwość przecieków lub zmiany

przepływu wody gruntowej, szczególnie w przypadku występowania gruntów drobnoziarnistych. Przykładami tego typu konstrukcji są: tunele, duże konstrukcje podziemne, głębokie podpiwniczenia, skarpy i konstrukcje oporowe, posadowienia na wzmocnionym podłożu gruntowym.

6. Monitorowanie budowli infrastruktury kolejowej wykonuje się na etapach:
 - 1) badań podłoża – założenie punktów monitoringu;
 - 2) budowy – uzupełnienie punktów, pomiary i obserwacje;
 - 3) eksploatacji – ewentualne uzupełnienie punktów, pomiary i obserwacje.
7. Podczas projektowania i realizacji badań podłoża dla kategorii geotechnicznej trzeciej, niezależnie od potrzeb badań podłoża należy tak zlokalizować punkty obserwacyjne, aby przynajmniej część z nich, znajdująca się poza obiektami budowlanymi, mogła być włączona do sieci monitorowania w etapach budowy i eksploatacji.
8. Podczas wykonania wykopów należy sprawdzać, czy warunki geotechniczne w ścianach i dnie wykopu odpowiadają tym, jakie zostały określone w dokumentacji badań podłoża. W przypadku rozbieżności należy poinformować nadzór robót i projektanta.
9. W fazie eksploatacji monitorowanie obejmuje:
 - 1) w przypadku pierwszej kategorii geotechnicznej sprowadza się do obserwacji terenowych zachowania się podłoża i obiektów oraz ich otoczenia;
 - 2) w drugiej kategorii geotechnicznej zakres obserwacji wizualnych podłoża i obiektów jak dla pierwszej kategorii geotechnicznej, oraz pomiary przemieszczeń wybranych punktów konstrukcji i stanów wód podziemnych; w przypadkach wątpliwych pobieranie próbek gruntów i wykonanie badań kontrolnych wytrzymałości i odkształcalności;
 - 3) w trzeciej kategorii geotechnicznej podstawą oceny zachowania konstrukcji są zwykle pomiary przemieszczeń i ich analiza, uwzględniająca kolejność robót budowlanych. Obserwacje i pomiary monitorujące powinny być prowadzone zgodnie z programem opracowanym w projekcie geotechnicznym, uzupełnionym w miarę potrzeb podczas budowy obiektów. Zakres pomiarów i badań monitorujących powinien być dostosowany do obiektu (nasypy, wykopy, obiekty inżynieryjne, kubaturowe, urządzenia odwadniające) oraz procesów geodynamicznych zachodzących w podłożu i powinien obejmować pomiary przemieszczeń powierzchni terenu (osiadania, ruchy geodynamiczne, wyrobiska górnicze itd.) w określonych punktach konstrukcji oraz obserwacje wód podziemnych.
10. Program monitorowania powinien określać:
 - 1) dokładność i częstotliwość pomiarów i badań w trakcie budowy i po jej zakończeniu;
 - 2) wartości graniczne, przekroczenie których powoduje zagrożenie i wymaga natychmiastowej ingerencji;

- 3) sposób i częstotliwość przedstawiania wyników monitorowania.
11. Dla nasypów i zbroczy monitorowanie powinno w razie potrzeby uwzględniać:
 - 1) określenie poziomych i pionowych przemieszczeń na powierzchni i w podłożu (repery powierzchniowe, głębinowe, fotogrametria);
 - 2) określenie zmian stanów wód podziemnych, a w uzasadnionych przypadkach ciśnienia porowego i jego zmian w czasie (analiza naprężeń efektywnych);
 - 3) określenie zmian parametrów fizycznych i wytrzymałościowych w czasie dla obszarów podlegających ruchom geodynamicznym (obszary osuwiskowe, krasowe oraz obszary wpływu eksploatacji górniczej).
 12. W przypadku stwierdzenia rozbieżności z założonymi w dokumentacji warunkami gruntowymi i wodnymi należy uzupełnić zakres obserwacji i badań w sieci monitorowania, a w razie potrzeby zmienić kategorię geotechniczną.
 13. Jeżeli obserwacje wykazują wady lub zagrożenia podtorza, usterki odwodnienia podtorza, zaleca się wykonanie badań georadarowych (ciągłe profilowanie torów) w celu ciągłego badania grubości podsypki kolejowej, rozróżnienia pomiędzy podsypką czystą a zanieczyszczoną. Badanie to pozwala również na lokalizację obszarów z niewystarczającą nośnością podłoża, wyznaczenie zawodnionych sekcji, ustalenia zakresu i głębokości występowania defektów podtorza. Badanie to umożliwi interpretację stanu podsypki za pomocą automatycznych narzędzi detekcyjnych oraz dokładniejsze zaplanowanie prac remontowych.
 14. Dla konstrukcji powodujących piętrzenie wody, tuneli, dużych konstrukcji podziemnych należy dodatkowo ocenić możliwości negatywnych zmian poziomów wód podziemnych, a w szczególności spiętrzenie wód podziemnych, zmiany kierunków płynięcia, podtopienie obszarów, obniżanie zwierciadła wód podziemnych oraz negatywne zmiany chemizmu wód gruntowych.
 15. Monitorowanie obejmuje również kontrolę odprowadzania wód opadowych i ściekowych, efektywności działania systemów odwadniania i obserwacji osiadania sąsiednich konstrukcji lub terenów. Szczegółowe zalecenia odnośnie utrzymania nawierzchni i obiektów inżynierskich zawierają instrukcje [36] i [37].

ROZDZIAŁ 4. Projektowanie badań

§ 13. Zasady ogólne projektowania badań

1. Projektowanie badań podłoża powinno być poprzedzone wstępnym rozpoznaniem terenu poprzez zgromadzenie dostępnych informacji archiwalnych zarówno o terenie jak i o projektowanej inwestycji w przypadku budowy nowej linii kolejowej lub jej modernizacji.
2. Rozpoznanie wstępne obejmuje w szczególności:

- 1) analizę wymagań projektowych;
 - 2) analizę danych archiwalnych, w szczególności danych będących w posiadaniu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., np. dokumentacji lub raportów z diagnostyki podtorza;
 - 3) wizję lokalną w terenie.
3. Rozpoznanie wstępne powinno umożliwić:
- 1) określenie stopnia skomplikowania warunków gruntowych dające podstawę projektantowi do określenia kategorii geotechnicznej zgodnie z obowiązującymi przepisami;
 - 2) ocenę przydatności istniejących danych archiwalnych;
 - 3) wytypowanie odcinków szczególnych, wymagających specjalnego zakresu badań;
 - 4) zaprojektowanie lokalizacji i liczby punktów dokumentacyjnych, badań geofizycznych i zakresu badań laboratoryjnych.
4. Projektowanie badań podłoża polega w szczególności na:
- 1) określeniu zakresu ilościowego i głębokościowego badań z uwzględnieniem danych uzyskanych od projektanta obiektu;
 - 2) doborze metodyki badawczej z uwzględnieniem warunków występujących w podłożu;
 - 3) opracowaniu projektu robót geologicznych lub programu badań wraz z graficznym przedstawieniem lokalizacji projektowanych punktów dokumentacyjnych.
5. Badania należy zaprojektować uwzględniając w szczególności:
- 1) region badawczy (niż Polski, tereny podgórskie, górskie, górnicze itp.);
 - 2) rodzaj inwestycji (zaprojektowanie nowej linii, modernizacja istniejącej);
 - 3) dotychczasowe rozpoznanie podłoża;
 - 4) etap projektowania (studium, projekt budowlany, projekt wykonawczy, wykonawstwo);
 - 5) parametry techniczne projektowanego obiektu (kategoria geotechniczna, nasyp/wykop, obiekt inżynierski itp.);
 - 6) dostępność terenu i możliwość wykonania badań w szczególności w odniesieniu do infrastruktury naziemnej i podziemnej;
 - 7) uwarunkowania środowiskowe (np. lokalizacja na obszarach chronionych).
6. Przy projektowaniu i wykonywaniu badań podłoża należy uwzględnić wymagania ustawy Prawo ochrony środowiska [52] i ustawy o ochronie przyrody [53].
7. Badania należy projektować i prowadzić tak, aby nie spowodowały trwałych zmian w środowisku w szczególności w zakresie zanieczyszczenia wód podziemnych oraz przekształcenia terenu.
8. Wykonywanie prac polowych powinno odbywać się w sposób najmniej uciążliwy dla środowiska poprzez stosowanie niezbędnych środków zapobiegawczych, w szczególności przy projektowaniu nowych tras. W szczególności zaleca się:

- 1) lokalizację punktów badawczych w sposób racjonalny z uwzględnieniem uwarunkowań przyrodniczych (np. w odpowiedniej odległości od drzew lub z wykorzystaniem istniejących ścieżek i dróg dojazdowych);
 - 2) utrzymywanie maszyn w sprawnym stanie technicznym;
 - 3) stosowanie sprawdzonych technologii, materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych;
 - 4) zapobieganie mieszanii wód z różnych poziomów wodonośnych;
 - 5) zachowanie szczególnej ostrożności w przypadku występowania zwierciadła wód podziemnych o charakterze artezyjskim (poziom wody stabilizuje się ponad powierzchnią terenu), poprzez likwidację otworu badawczego metodami uniemożliwiającymi wypływ wody;
 - 6) likwidację otworu po jego wykonaniu i uprzątnięcie terenu;
 - 7) właściwą organizację terenu prac (zabezpieczenie drzew i krzewów);
 - 8) właściwą gospodarkę odpadami.
9. W przypadku wykonywania robót geologicznych należy je prowadzić zgodnie przepisami ustawy Prawo geologiczne i górnicze [50] zgodnie z zatwierdzonym projektem robót geologicznych, w którym należy zawrzeć opis przedsięwzięć technicznych, technologicznych i organizacyjnych mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa powszechnego, bezpieczeństwa pracy i ochrony środowiska [63].
10. Zgodnie z rozporządzeniem [66] badania podłoża gruntowego nie są zaliczane do przedsięwzięć mogących zawsze lub potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko zatem nie wymagają one przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko. Jeśli w ramach badań podłoża projektuje się roboty geologiczne w obrębie lub w sąsiedztwie obszaru Natura 2000, organ właściwy do wydania decyzji zatwierdzającej projekt robót zobowiązany jest do rozważenia przed wydaniem tej decyzji, czy przedsięwzięcie może potencjalnie znacząco oddziaływać na te obszary [54]. W przypadku wątpliwości, organ zobowiązany jest wydać postanowienie o konieczności przedłożenia właściwemu miejscowo regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska wniosku o stwierdzenie obowiązku lub jego braku przeprowadzenia oceny oddziaływania projektowanych robót na obszar Natura 2000.
11. W przypadku projektowania badań geotechnicznych na obszarach prawnie chronionych należy przestrzegać zakazów odpowiednich dla tych obszarów, zgodnie z przepisami dotyczącymi ochrony przyrody [53].
12. Projektowanie badań podłoża na każdym etapie inwestycji powinno być prowadzone we współpracy z inwestorem i jeśli jest wybrany - z projektantem budowli. Zadania projektanta obejmują w szczególności:
- 1) udostępnienie wykonawcy badań informacji o projektowanej budowli i materiałów z wcześniejszego rozpoznania podłoża;

- 2) określenie wymagań techniczno-budowlanych, ze zwróceniem uwagi na szczególnie złożone elementy obiektu, oraz wskazanie danych geotechnicznych potrzebnych do zaprojektowania konstrukcji i odwodnienia obiektu;
- 3) podanie parametrów technicznych projektowanego obiektu (lokalizacji, rodzaju konstrukcji, jej elementów podziemnych, przewidywanych rozwiązań i głębokości posadowień itp.);
- 4) weryfikacja zakresu, ocena i uzgodnienie projektu robót geologicznych/programu badań geotechnicznych.

§ 14. Analiza danych archiwalnych

Analiza danych archiwalnych powinna być przeprowadzona przed przystąpieniem do projektowania badań i powinna obejmować:

- 1) dostępne materiały kartograficzne (mapy): topograficzne, geologiczne, geologiczno-inżynierskie, geomorfologiczne, hydrogeologiczne, geośrodowiskowe, geologiczno-gospodarcze, górnicze, hydrologiczne, mapy zagrożenia powodziowego i podtopień, atlasy geologiczno-inżynierskie itp.;
- 2) dane teledetekcyjne i fotogrametryczne oraz ortofotomapy na potrzeby oceny morfologii oraz inwentaryzacji miejsc wymagających szczegółowego rozpoznania, np. dolin, hałd, wysypisk, struktur tektonicznych itp.;
- 3) archiwalne dokumentacje geologiczne (geologiczno-inżynierskie, hydrogeologiczne itp.);
- 4) archiwalne otwory wiertnicze pozyskane z banków danych geologicznych (np. CBDG, CBDH, BDGI itp.);
- 5) dane pozyskane z kopalń dotyczące prognozowanych deformacji i wstrząsów indukowanych działalnością górnictwem (dotyczy obszarów objętych eksploatacją górnictwem);
- 6) dane historyczne dotyczące przeszłości terenu (dotyczy obszarów objętych dawną eksploatacją górnictwem);
- 7) publikacje dotyczące analizowanego terenu z zakresu geologii, hydrogeologii i hydrologii;
- 8) archiwalne dokumenty i rysunki projektowe (dotyczy modernizacji linii kolejowej);
- 9) dane będące w posiadaniu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., np. dokumentacje lub raporty z diagnostyki podtorza.

§ 15. Wizja lokalna

1. Wizję lokalną w terenie przeprowadza się przed przystąpieniem do projektowania badań.
2. Celem wizji terenowej jest:
 - 1) weryfikacja informacji uzyskanych w wyniku przeglądu materiałów archiwalnych, w szczególności w zakresie zmian w morfologii i zagospodarowania terenu;
 - 2) wstępne określenie odcinków problematycznych, wymagających szczegółowego rozpoznania, w tym także odcinków z widocznymi przejawami procesów geodynamicznych i silnej antropopresji;
 - 3) rejestracja odsłonień możliwych do wykorzystania w dokumentowaniu;
 - 4) ocena stopnia zagospodarowania terenu i infrastruktury podziemnej i naziemnej na potrzeby lokalizacji punktów dokumentacyjnych;
 - 5) ocena dostępności terenu z uwzględnieniem planowanej metodyki badawczej;
 - 6) w przypadku modernizacji istniejącej linii - wstępna inwentaryzacja przejawów niekorzystnych zjawisk występujących w podłożu, w szczególności: deformacji nasypów, występowania tzw. wychlapów, wysięków, spełzywania gruntów ze skarp wykopów, występowania spękań obiektów inżynieryjnych, innych.

§ 16. Projektowanie punktów dokumentacyjnych

1. Punkty dokumentacyjne projektuje się w zależności od:
 - 1) rodzaju inwestycji (modernizacja, budowa nowej linii kolejowej);
 - 2) etapu realizacji inwestycji (etap studium lub koncepcji, etap projektu budowlanego, etap realizacji, etap eksploatacji);
 - 3) kategorii linii kolejowej (magistralne (0), pierwszorzędne (1), drugorzędne (2), znaczenia miejscowego (3) oraz koleje dużych prędkości) [59];
 - 4) stopnia skomplikowania warunków gruntowych (warunki gruntowe proste, złożone, skomplikowane) i kategorii geotechnicznej [61].
2. Wyróżnia się następujące rodzaje punktów dokumentacyjnych:
 - 1) wiercenie badawcze (geologiczno-inżynierskie, hydrogeologiczne lub geotechniczne);
 - 2) sondowanie geotechniczne;
 - 3) węzeł badawczy (zestaw złożony min. z jednego wiercenia i jednego sondowania);
 - 4) wkop;
 - 5) szurf;
 - 6) inne.
3. W ramach rozpoznania podłoża poza wierceniami badawczymi należy projektować sondowania geotechniczne w celu uzyskania parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów. Postanowienia Eurokodu 7 [73][74] oraz rozporządzenia [61] wymagają dla drugiej i trzeciej

kategorii geotechnicznej pozyskania danych ilościowych. W tym celu należy projektować sondowania w ilości nie mniej niż 50% ogólnej liczby punktów dokumentacyjnych, jednocześnie profile sondowań należy odnosić do profili wierceń. Zalecenia dotyczące dobierania sondowań geotechnicznych opisano w § 18. W przypadku węzłów badawczych, sondowania należy projektować w odpowiedniej odległości od wiercenia w celu unikania błędów pomiarowych i oddziaływania naruszonej przestrzeni od wiercenia na wynik sondowania (min. 20-25 średnic). Wyniki sondowań należy umieszczać na przekrojach geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych w celu wykorzystania ich do właściwej interpretacji modelu budowy geologicznej oraz poprawnego wydzielenia warstw i serii.

4. Efektem prac projektowych powinien być program badań opracowany zgodnie z Eurokodem 7 [73] i [74]. Program badań powinien zawierać zakres i rodzaj planowanych do wykonania prac.
5. Dla prac objętych przepisami ustawy Prawo geologiczne i górnicze należy dodatkowo opracować projekt robót geologicznych.
6. Na terenach bez wcześniejszego rozpoznania geologicznego liczbę i rozstaw punktów dokumentacyjnych dla linii kolejowych należy projektować zgodnie z zasadami podanymi w Tab. 4-1 oraz Tab. 4-2 natomiast dla obiektów inżynierskich zgodnie z zasadami podanymi w Tab. 4-3 oraz Tab. 4-4.

Tab. 4-1 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla drogi kolejowej – etap studium wykonalności lub koncepcji.

Stopień skomplikowania warunków gruntowych	Kategoria linii kolejowej	Maksymalny rozstaw punktów dokumentacyjnych wzdłuż drogi kolejowej [m]	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie nowe)	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie modernizowane)	
proste	magistralne (0) pierwszorzędne (1)	500	$2, r \leq 30 \text{ m}$	$3, r \leq 30 \text{ m}$	Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 30 m szerokości torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska
	drugorzędne (2) znaczenia miejscowego (3)	$\leq 1\ 000$	2	3	Torowisko min. 1 w.b. w torowisku bez względu na szerokość torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska

PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

Stopień skomplikowania warunków gruntowych	Kategoria linii kolejowej	Maksymalny rozstaw punktów dokumentacyjnych wzdłuż drogi kolejowej [m]	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie nowe)	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie modernizowane)	
złożone	magistralne (0) pierwszorzędne (1)	≤ 250	2, r ≤ 20 m	3, r ≤ 20 m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 20 m szerokości torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
	drugorzędne (2) znaczenia miejscowego (3)	≤ 500	2, r ≤ 30 m	3, r ≤ 30 m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 30 m szerokości torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
skomplikowane	magistralne (0) pierwszorzędne (1)	≤ 125	3, r ≤ 20 m	3, r ≤ 20 m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 20 m szerokości torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
	drugorzędne (2) znaczenia miejscowego (3)	≤ 250	3, r ≤ 20 m	3, r ≤ 20 m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 20 m szerokości torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>

r – rozstaw punktów dokumentacyjnych; p.d. – punkt dokumentacyjny; w.b. – węzeł badawczy

Tab. 4-2 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla drogi kolejowej – etap projektu budowlanego.

Stopień skomplikowania warunków gruntowych	Kategoria linii kolejowej	Maksymalny rozstaw punktów dokumentacyjnych wzdłuż drogi kolejowej [m]	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie nowe)	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie modernizowane)	
proste	magistralne (0) pierwszorzędne (1)	100	2, $r \leq 30$ m	3, $r \leq 30$ m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 30 m szerokości torowiska;</p> <p>Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska</p> <p>Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
	drugorzędne (2) znaczenia miejscowego (3)	≤ 200	2	3	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku bez względu na szerokość torowiska;</p> <p>Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska</p> <p>Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
złożone	magistralne (0) pierwszorzędne (1)	≤ 50	3, $r \leq 20$ m	3, $r \leq 20$ m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 20 m szerokości torowiska;</p> <p>Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska</p> <p>Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
	drugorzędne (2) znaczenia miejscowego (3)	≤ 100	3, $r \leq 30$ m	3, $r \leq 30$ m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 30 m szerokości torowiska;</p> <p>Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska</p> <p>Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>
skomplikowane	magistralne (0) pierwszorzędne (1)	≤ 25	3, $r \leq 20$ m	3, $r \leq 20$ m	<p>Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 20 m szerokości torowiska;</p> <p>Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska</p> <p>Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska</p>

Stopień skomplikowania warunków gruntowych	Kategoria linii kolejowej	Maksymalny rozstaw punktów dokumentacyjnych wzdłuż drogi kolejowej [m]	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie nowe)	Minimalna liczba punktów dokumentacyjnych w kierunku poprzecznym do osi drogi kolejowej (linie modernizowane)	
	drugorzędne (2) znaczenia miejscowego (3)	≤ 50	3, r ≤ 20 m	3, r ≤ 20 m	Torowisko min. 1 w.b. w torowisku na każde 20 m szerokości torowiska; Nasyp min. 1 p.d. przy dolnej krawędzi nasypu po obu stronach torowiska Wykop min. 1 p.d. przy górnej krawędzi przekopu po obu stronach torowiska

r – rozstaw punktów dokumentacyjnych; p.d. – punkt dokumentacyjny; w.b. – węzeł badawczy

Tab. 4-3 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla obiektów inżynierskich – etap studium wykonalności lub koncepcji.

Rodzaj obiektu	Stopień skomplikowania warunków gruntowych	
	proste	złożone i skomplikowane
<u>Przyczółki i podpory pośrednie*</u>	2 p.d. na obiekt, r < 200 m	2 p.d. na obiekt, r < 100 m
<u>Przepusty</u>	2 p.d. na obiekt	2 p.d. na obiekt
<u>Tunele i przejścia pod torami**</u>	3 p.d. na obiekt, r < 500 m (grunty)	3 p.d. na obiekt, r < 250 m (grunty)
	3 p.d. na obiekt, r < 1 000 m (skały)	3 p.d. na obiekt, r < 500 m (skały)

r - rozstaw wierceń, p.d. – punkt dokumentacyjny

* - Podane wartości należy traktować jako liczbę otworów na cały obiekt inżynierski. Punkty dokumentacyjne należy rozmieścić na początku i na końcu obiektu w rozstawie nieprzekraczającym podanych wartości r. Jeśli z długości obiektu wynika, że podany w tabeli rozstaw r zostanie przekroczony, dodatkowe punkty należy w miarę możliwości rozmieścić równomiernie wzdłuż osi obiektu.

** - Punkty dokumentacyjne należy rozmieścić na początku, w połowie długości lub w najniższym położeniu niwelety tunelu oraz na końcu tunelu w rozstawie nieprzekraczającym podanych wartości r. Jeśli z długości obiektu wynika, że podany w tabeli rozstaw r zostanie przekroczony, dodatkowe punkty należy w miarę możliwości rozmieścić równomiernie wzdłuż osi obiektu. Rozpoznanie podłoża dla tuneli należy uzupełnić badaniami geofizycznymi, wybierając metodę, która pozwoli uzyskać obraz budowy geologicznej na całej długości tunelu zgodnie z załącznikiem 14.

Tab. 4-4 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla obiektów inżynierskich – etap projektu budowlanego.

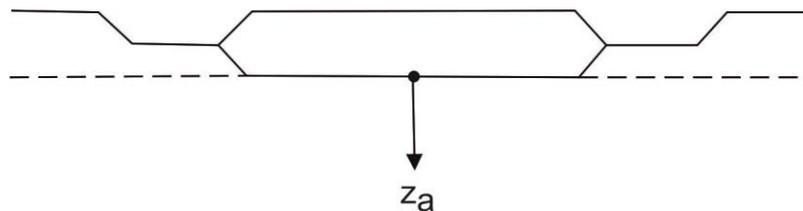
Rodzaj obiektu	Stopień skomplikowania warunków gruntowych	
	proste	złożone i skomplikowane
<u>Przyczółki</u> B do 15 m B ponad 15 m	2 p.d. 3 p.d., r < 20 m	3 p.d., r < 20 m 4 p.d., r < 20 m
<u>Podpory pośrednie</u> B do 15 m, L do 50 m B do 15 m, L ponad 50 m B ponad 15 m	1 p.d. na podporę 2 p.d. na podporę 3 p.d. na podporę, r < 20 m	2 p.d. na podporę 3 p.d. na podporę, r < 20 m 4 p.d. na podporę, r < 20 m
<u>Przepusty</u> długości do 20 m długości ponad 20 m	2 p.d. 3 p.d.	3 p.d. 4 p.d., r < 20 m
<u>Tunele i przejścia pod torami*</u>	3 p.d. na tunel, r < 200 m (grunty) 3 p.d. na tunel, r < 500 m (skały)	3 p.d. na tunel, r < 100 m (grunty) 3 p.d. na tunel, r < 200 m (skały)

B - szerokość obiektu inżynierskiego, L – rozpiętość przęsła, r - rozstaw wierceń, p.d. – punkt dokumentacyjny

* - Punkty dokumentacyjne należy rozmieścić na początku, w połowie długości oraz na końcu tunelu w rozstawie nieprzekraczającym podanych wartości r. Jeśli z długości obiektu wynika, że podany w tabeli rozstaw r zostanie przekroczony, dodatkowe punkty należy w miarę możliwości rozmieścić równomiernie wzdłuż osi obiektu. Rozpoznanie podłoża dla tuneli należy uzupełnić badaniami geofizycznymi, wybierając metodę, która pozwoli uzyskać obraz budowy geologicznej na całej długości tunelu zgodnie z załącznikiem 14.

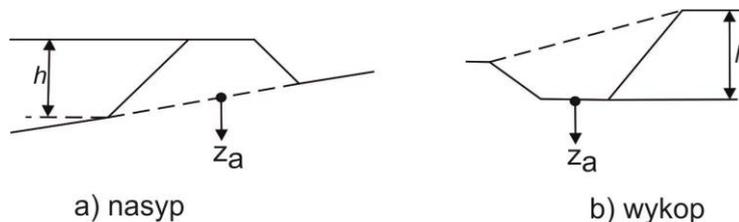
7. W każdym przypadku, wymienionym w Tab. 4-1, Tab. 4-2, Tab. 4-3 oraz Tab. 4-4, niezależnie od etapu, rodzaju obiektu i stopnia skomplikowania warunków gruntowych należy wykonać przynajmniej jeden węzeł badawczy, składający się z wiercenia i sondowania.
8. W przypadku braku możliwości wykonania punktów dokumentacyjnych zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w tabelach Tab. 4-1, Tab. 4-2, Tab. 4-3 oraz Tab. 4-4, należy opracować protokół z braku możliwości wykonania badania i przedstawić Zamawiającemu do zatwierdzenia. W protokole należy podać przyczyny braku możliwości wykonania badania potwierdzone dokumentacją fotograficzną, lub odpowiednimi dokumentami.
9. W przypadku stwierdzenia w podłożu drogi kolejowej lub obiektu inżynierskiego złożonych lub skomplikowanych warunków gruntowych, np.: gruntów organicznych, gruntów pęczniejących, w strefach zaburzeń glaciektonicznych, na terenach objętych procesami osuwiskowymi lub predysponowanymi do osuwisk, w strefach zboczy dolin rzecznych, na obszarze dolin rzecznych oraz na obszarach, które objęte są oddziaływaniami górnictwami liczbę punktów dokumentacyjnych należy zwiększyć oraz uzupełnić je sondowaniami. W skomplikowanych warunkach gruntowych zaleca się wykonywać węzły badawcze.
10. Na terenach z wcześniejszym rozpoznaniem geologicznym (dotyczy modernizacji linii kolejowych oraz obiektów inżynierskich) należy korzystać z wyników badań archiwalnych, a po analizie ich przydatności zaprojektować badania uzupełniające zgodnie z zasadami podanymi w Tab. 4-1, Tab. 4-2, Tab. 4-3 oraz Tab. 4-4.
11. Przy projektowaniu punktów dokumentacyjnych należy uwzględnić konieczność rozpoznania bezpośredniego otoczenia, mogącego mieć wpływ na projektowany obiekt w strefie jego oddziaływania.
12. Zakres badań podany w tabelach Tab. 4-1, Tab. 4-2 jest zgodnie z załącznikiem B normy [74], który określa rozstaw punktów dokumentacyjnych dla obiektów liniowych (drogi kolejowe, drogi samochodowe, mosty, kanały, rurociągi, wały tunele, ściany oporowe) **od 20 do maksymalnie 200 m**.
13. Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla pozostałych obiektów zaleca się przyjmować za [74] według następujących zasad:
 - 1) dla budowli wysokich i przemysłowych w formie siatki z punktami w odległościach 15 m do 40m;
 - 2) dla budowli o dużej powierzchni w kształcie siatki z punktami w odległościach nie większych niż 60 m;
 - 3) dla budowli specjalnych (np. mosty, kominy, fundamenty pod maszty) dwa do sześciu punktów dokumentacyjnych na fundament.

14. Przy projektowaniu punktów dokumentacyjnych należy uwzględnić przesunięcie w stosunku do osi wynikające z całkowitej szerokości budowli, np. uwzględniając podstawę nasypu lub krawędź wykopu.
15. Głębokość punktów dokumentacyjnych dla obiektów budowlanych zaleca się przyjmować za [74]. Wymagana głębokość rozpoznania podłoża gruntowego zależy od rodzaju budowli, wartości obciążeń przekazywanych na podłoże oraz od stopnia skomplikowania warunków gruntowych.
16. Dla wszystkich kategorii drogi kolejowej, zgodnie z [74] zaleca się rozpoznać podłoże do głębokości $z_a \geq 2$ m poniżej projektowanej niwelety (Rys. 4-1).



Rys. 4-1 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża obiektów liniowych zgodnie z [74]

17. W przypadku wykopów i nasypów zgodnie z [74] badania należy wykonywać do głębokości zgodnie z Rys. 4-2 przy założeniu większej z podanych wartości. W przypadku występowania gruntów nasypowych, słabonośnych lub organicznych, należy je przewiercić do głębokości minimum 2 m poniżej ich spągu.

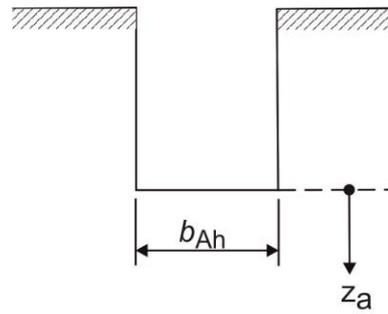


a) Dla nasypów
 - $0,8 h < z_a < 1,2 h$
 - $z_a \geq 6$ m
 gdzie h jest wysokością nasypu.

b) Dla wykopów
 - $z_a \geq 2,0$ m
 - $z_a \geq 0,4 h$
 gdzie h jest wysokością nasypu lub głębokością wykopu.

Rys. 4-2 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża nasypów i wykopów zgodnie z [74]

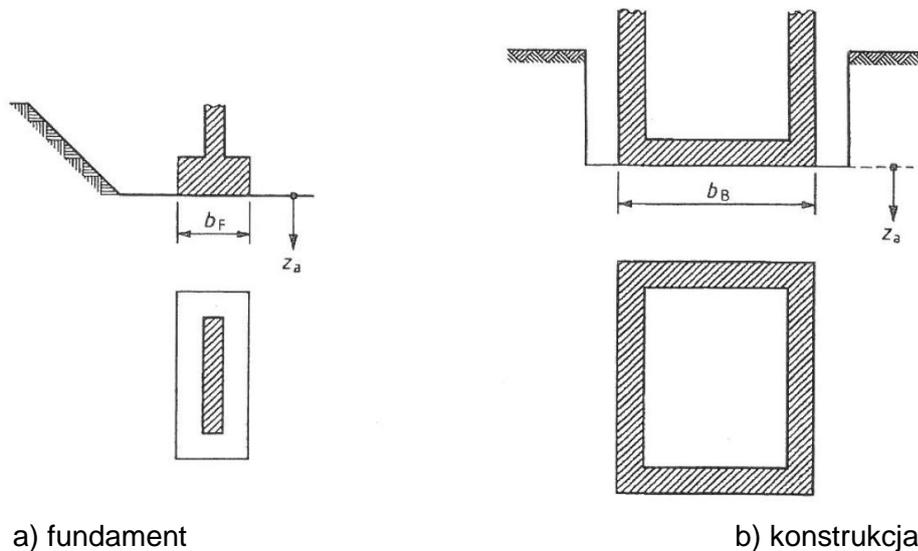
18. Dla wykopów wąskoprzestrzennych rozpoznanie należy wykonać do głębokości zgodnie z Rys. 4-3.



- b) Dla wykopów wąskoprzestrzennych,
 - $z_a \geq 2$ m poniżej poziomu dna wykopu
 - $z_a \geq 1,5 b_{Ah}$
 gdzie b_{Ah} jest szerokością wykopu.

Rys. 4-3 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża wykopów wąskoprzestrzennych zgodnie z [74]

19. W przypadku fundamentów płytowych oraz konstrukcji z kilkoma elementami fundamentowymi zgodnie z [74] zaleca się rozpoznać podłoże do głębokości $z_a \geq 1,5 b_B$ m, gdzie b_B jest krótszym bokiem konstrukcji, tak jak przedstawia Rys. 4-4.

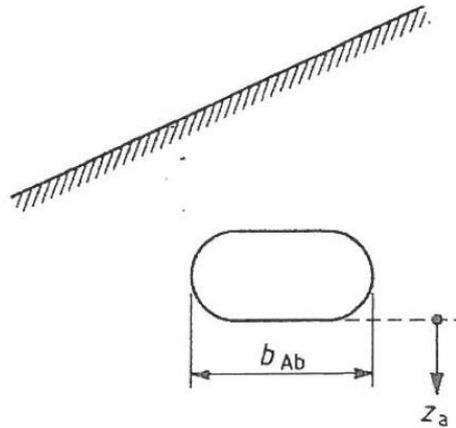


a) fundament

b) konstrukcja

Rys. 4-4 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża budowli o dużej wysokości i konstrukcji inżynierskich z zgodnie z [74]

20. W przypadku małych tuneli i komór podziemnych (np. przejść pod torami) zgodnie z [74] zaleca się rozpoznać podłoże do głębokości $b_{Ab} < z_a \geq 2,0 \times b_{Ab}$ m, gdzie b_{Ab} jest szerokością wykopu, tak jak przedstawia Rys. 4-5.



Rys. 4-5 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża małych tuneli i komór podziemnych (np. przejść pod torami) z zgodnie z [74]

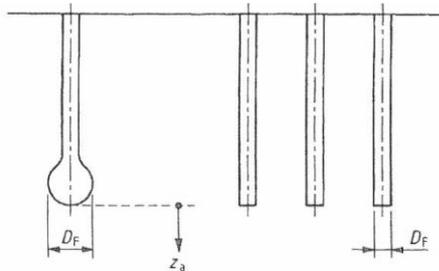
21. W przypadku fundamentów palowych, jeśli takie dane są dostępne, zgodnie z [74] zaleca się przy rozpoznaniu podłoża gruntowego spełnić następujące trzy warunki

$$z_a \geq 1,0 \times b_g$$

$$z_a \geq 5,0 \text{ m}$$

$$z_a \geq 3,0 \times D_F$$

gdzie b_g jest krótszym bokiem prostokąta stanowiącego obwód grupy pali tworzących fundament, w poziomie podstawy pali, D_F jest średnicą podstawy pala. Jeśli takie dane są niedostępne, należy postępować zgodnie ze wskazówkami projektanta. Zasady wyznaczania głębokości rozpoznania zgodnie z [74] przedstawia Rys. 4-6.



Rys. 4-6 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża budowli o dużej wysokości i konstrukcji inżynierskich z zgodnie z [74]

22. W przypadku występowania podłoża skalnego na proponowanym poziomie posadowienia budowli, to ten poziom zaleca się przyjąć jako z_a . w innym przypadku z_a odnosi się do powierzchni podłoża skalnego.

23. Pozostałe przypadki dotyczące wyznaczania rozstawu i głębokości rozpoznania podłoża zostały opisane szczegółowo w [74] lub [27].

24. Zalecane metody badań polowych i laboratoryjnych mających zastosowanie przy budowie i modernizacji infrastruktury kolejowej przedstawia ZAŁĄCZNIK 7.

25. Głównym celem punktów dokumentacyjnych jest ustalenie następstwa warstw w podłożu oraz pobór próbek gruntów i skał do badań laboratoryjnych. Projektując punkty dokumentacyjne należy pamiętać o doborze odpowiedniej techniki wiercenia, dostosowanej do rodzaju gruntu oraz wymaganej klasy jakości próbki. Szczegółowe informacje na temat poboru próbek i technik wiercenia przedstawiono w § 18.
26. Próbkę gruntu i skał zaleca się pobrać z każdej warstwy gruntu różniącej się litologią, stanem lub wilgotnością, lecz nie rzadziej niż co 2 m w warunkach prostych i złożonych oraz 1 m w warunkach skomplikowanych. W Tab. 4-5 przedstawiono minimalny zakres badań laboratoryjnych do wykonania dla linii kolejowych oraz obiektów inżynierskich w odniesieniu do liczby pobranych próbek.

Tab. 4-5 Minimalny zakres badań laboratoryjnych do wykonania dla linii kolejowych i kolejowych obiektów inżynierskich

Rodzaj badania	Linia kolejowa	Kolejowe obiekty inżynierskie
Badania klasyfikacyjne (zgodnie z Tab. 4-11)	20% pobranych próbek	15% pobranych próbek
Badania mające na celu oznaczenie parametrów geotechnicznych (zgodnie z Tab. 4-12)	2% pobranych próbek	5% pobranych próbek

27. Próbkę klasy pierwszej (dawne NNS) należy pobierać z tych warstw, dla których planowane są badania wytrzymałościowe i odkształceniowe. Dotyczy to w szczególności gruntów drobnoziarnistych (dawniej spoistych) w stanie twaroplastycznym i słabszym.
28. W przypadku obszarów występowania skał i ich zwietrzelin zaleca się pełne rdzeniowanie w celu określenia stropu warstw nośnych w zależności od charakteru obciążeń oraz skały litej i stopnia spękania warstw przypowierzchniowych. Pełne rdzeniowanie pozwoli również na pobór próbek na potrzeby określenia parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych zwietrzelin.
29. Zaleca się, aby punkty dokumentacyjne były opisane kilometrażem drogi kolejowej lub obiektu inżynierskiego, uzupełnione w przypadku drogi kolejowej numerem toru, a w przypadku obiektu inżynierskiego kolejnym numerem badania.
30. Dla etapu wykonawczego i etapu eksploatacji zakres badań w tym rozstaw punktów dokumentacyjnych ustala się w oparciu o zakres podany w Tab. 4-2 i Tab. 4-4 oraz indywidualnie w zależności od potrzeb rozwiązań projektowych.
31. W celu uszczegółowienia rozpoznania w określonych lokalizacjach lub zakresie głębokości wykonywane są dodatkowe punkty dokumentacyjne, zazwyczaj węzły badawcze z różnymi sondami (DP, CPT, CPTU, PMT lub DMT, rzadko SPT). Zalecenia dotyczące wyboru metod badań w zależności od metody wzmocnienia przedstawiono w Tab. 4-6.

32. Badania powinny też wyjaśnić, czy potrzebne jest wzmocnienie podłoża. Należy możliwie dokładnie ustalić zakres występowania słabych gruntów, by uniknąć zbędnych robót wzmocniających.

Tab. 4-6 Zalecane metody badań gruntu do wzmocniania podłoża

Metoda wzmocnienia	Główny cel badań	Zalecane rodzaje badań
Wymiana gruntu	układ słabych warstw warunki wodne	– wiercenia, sondowania DP, CPTU
Stabilizacja spoiwami	rodzaj gruntu, uziarnienie	– próbki gruntu, wytrzymałość mieszanek, obciążenia płytą PLT
Lekkie wypełnienia	układ słabych warstw ściśliwość słabego podłoża	– wiercenia, sondy CPTU, DP – PMT, próbne obciążenie
Konsolidacja statyczna, przeciążenie	układ słabych warstw ściśliwość słabego podłoża wytrzymałość na ścinanie czas konsolidacji	– wiercenia, sondowania – PMT, próbne obciążenie – ścinanie FVT, sonda CPTU, PMT. – współczynnik filtracji k_{10} , parametry ściśliwości i konsolidacji, próbne obciążenie
Wibroflotacja gruntów niespoistych	uziarnienie, stan zagęszczenia	– uziarnienie, sondy CPTU, DP
Wibrowymiana (kolumny żwirowe), kolumny wibrobetonowe	układ i rodzaj słabych warstw wytrzymałość na ścinanie	– wiercenia, sondowania – ścinanie FVT, sonda CPTU, PMT lub DMT
Mieszanie wgłębne: na sucho, na mokro (kolumny DSM,)	układ i rodzaj słabych warstw wytrzymałość na ścinanie wytrzymałość i trwałość mieszanek ściśliwość słabego podłoża	– wiercenia, sondowania – ścinanie FVT, sonda CPTU, PMT lub DMT – próbne mieszania (laboratoryjne, terenowe), sondowania kolumn – PMT lub DMT, próbne obciążenie
Konsolidacja dynamiczna, wymiana dynamiczna (kolumny wybijane)	układ i rodzaj słabych warstw Wytrzymałość na ścinanie	– wiercenia, sondowania – ścinanie FVT, sonda CPTU, PMT lub DMT
Iniekcja wzmocniające, wypełniająca	układ warstw podłoża, uziarnienie, przepuszczalność	– wiercenia, próbki gruntu, – współczynnik filtracji k_{10}
Iniekcja strumieniowa	układ warstw podłoża, uziarnienie, wytrzymałość	– wiercenia, próbki gruntu, – sondy CPTU, DP, PMT lub DMT
Pale, mikropale, kolumny,	układ słabych warstw	– wiercenia, sondowania

Metoda wzmocnienia	Główny cel badań	Zalecane rodzaje badań
kotwy, gwoździowanie	wytrzymałość gruntu nośnego nośność elementów konstrukcji	– sondy CPTU, DP, PMT lub DMT – próbne obciążenia pali itp.

33. Badania powinny dostarczyć danych do opracowania receptur technologicznych, zwymiarowania elementów fundamentów i prognozy ich zachowania (np. przebiegu osiadań w czasie). Badania mogą obejmować próby laboratoryjne wzmocnienia gruntu (dobór receptur mieszanek, iniektów itp.) oraz próby terenowe (wykonanie elementów próbnych, ich odkopanie, badania nośności, wytrzymałości materiału, pomiary osiadań, próbne pompowania i inne). Zaleca się stosowanie metod badań wg Tab. 4-6. Rozpoznanie powinno wykazać przeszkody w podłożu utrudniające roboty oraz dostępność i przejezdność terenu podczas wykonywania robót.
34. Program badań powinien być dostosowany do potrzeb wykonawcy specjalistycznych robót geotechnicznych. Niektóre metody wzmocniania i ulepszania podłoża wymagają określenia niestandardowych właściwości lub parametrów warstw słabych albo wymagających wzmocnienia.

§ 17. Opis i klasyfikacja gruntów i skał

1. W Eurokodzie 7 [73] [74] stosowane jest nazewnictwo używane w normach [80] [81], gdzie określono zasady klasyfikacji gruntów i skał. Ze względu na wymagania [73] oraz [74] do geotechnicznego opisu i klasyfikacji gruntów powinny być stosowane następujące normy:
 - 1) PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne – Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczenie i opis [80];
 - 2) PN-EN ISO 14688-2 Badania geotechniczne – Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania [81] wraz załącznikiem krajowym [82].
2. Z uwagi na stan przepisów i norm krajowych, jak również dostępnych materiałów i literatury, niezbędne jest w okresie przejściowym równoległe podawanie nazewnictwa i klasyfikacji gruntów zgodnie z dotychczasowymi normami PN [79] i normami [80] oraz [81].
3. Opis gruntów i skał jest ważnym elementem rozpoznania podłoża budowlanego. Wiarygodność opisu zależy przede wszystkim, od jakości pobranych próbek. Opis gruntów wykonuje się: w terenie, jako badania polowe oraz w laboratorium, jako wstępne badanie dostarczonych próbek w celu podziału na grupy o zbliżonych właściwościach i właściwego wyznaczenia reprezentatywnych próbek do badań laboratoryjnych.
4. Według [80] wyróżnia się dwa pojęcia frakcji:
 - 1) frakcja główna, określa właściwości inżynierskie gruntów, opisywana jest rzeczownikiem a jako symbol zapisywana jest dużą literą. W przypadku gruntów bardzo gruboziarnistych i gruboziarnistych główną frakcją jest frakcja o przeważającej

- masie. W przypadku gruntów drobnoziarnistych główną frakcją jest odpowiednia podfrakcja gruntu drobnoziarnistego (ił lub pył) określająca właściwości inżynierskie gruntu;
- 2) frakcje drugorzędne nie określają właściwości inżynierskich gruntów, lecz mają na nie wpływ. Opisywane są ze spójnikiem „z”. W symbolu gruntu zapisywane są przed frakcją główną, małymi literami. Grunty stanowiące przewarstwienia wymienia się po frakcji głównej, małymi podkreślonymi literami. Poza tym przy ocenie makroskopowej należy podać barwę, strukturę gruntu, zawartość substancji organicznej, konsystencję, zawartość węglanów, genezę gruntu i inne nietypowe cechy np. zapach. Zaleca się również podawanie lokalnych nazw. Opis gruntu, jeśli to możliwe, powinien być zakończony geologiczną genezą gruntu, zwykle zapisywaną w nawiasie. Wskazuje ona także na właściwości i skład mineralny, zanim uzyska się dokładne wyniki badań.
5. Elementy opisu gruntów mineralnych zgodnie z [81] przedstawia ZAŁĄCZNIK 3. Opis i oznaczenie gruntów organicznych i gruntów antropogenicznych przedstawia ROZDZIAŁ 5.
 6. Klasyfikacja gruntów w szczególności o podobnych właściwościach fizyczno-mechanicznych wymaga wykonania określonych badań zgodnie z [81] dla ustalenia wartości liczbowych określonych parametrów. W załączniku przedstawiono przykład klasyfikowania gruntów jedynie na podstawie składu granulometrycznego oraz klasyfikacje na podstawie parametrów uziarnienia, stopnia zagęszczenia, wskaźnika konsystencji i wytrzymałości na ścinanie bez odpływu.

§ 18. Dobór metod badań polowych

Dobór badań polowych pozwala uzyskać charakterystykę podłoża gruntowego. Różnorodność i dostępność rozmaitych metod badań jest obecnie coraz większa i nadal jest rozwijana. Norma [74] w obecnej formie podaje tylko 12 wybranych metod powszechnie uznanych i stosowanych w większości krajów europejskich. Lista ta nie jest zamknięta i będzie uzupełniana w przyszłości, na przykład o metody wykorzystujące pomiary geofizyczne.

1. Wymagania ogólne

Sprzęt i procedury do badań powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w normie [74] i przywołanych w niej specyfikacjach technicznych Rys. 1-2. ZAŁĄCZNIK 1 przedstawia zalecane do stosowania przez normę [74] metody badań oraz podaje zestawienie wartości wyprowadzonych parametrów wyprowadzonych.

Norma [74] wymaga również, aby przy ocenie wyników badań uwzględniać opis próbek gruntów i skał z wierceń i wykopów, wpływ sprzętu i zmienności gruntów na mierzone parametry. Gdy grunt wykazuje silną anizotropię, należy zwrócić uwagę na kierunek działania obciążenia w stosunku do kierunku anizotropii.

Przy interpretacji wyników badań zaleca się posługiwać zależnościami podanymi w załącznikach informacyjnych (nieobligatoryjne) od D do K normy [74] oraz należy upewnić się, czy warunki w podłożu (rodzaj gruntu, współczynnik jednorodności, wskaźnik konsystencji itd.) są zgodne z warunkami brzegowymi dla danych korelacji. Należy tu dodatkowo wykorzystywać lokalne doświadczenia, które potwierdzą poprawność zastosowanych zależności lub pozwolą na ich weryfikację.

W przypadku, kiedy wyniki otrzymane w trakcie wykonywania badań nie odpowiadają założeniom początkowym (tj. informacji na temat badanego terenu lub celu badania), należy zalecić badania dodatkowe, w tym na przykład zagęszczenie siatki badań lub zmianę metody badań.

Należy zaznaczyć, że polowe prace badawcze nie mogą powodować zagrożenia dla istniejących lub przyszłych budowli oraz szkód w środowisku.

Zasady doboru i przydatność badań podłoża w różnych warunkach terenowych zawiera ZAŁĄCZNIK 7. Sondowania należy wykorzystywać do podziału podłoża na warstwy geotechniczne lub geologiczno-inżynierskie oraz wykorzystać je do określenia parametrów wyprowadzonych i charakterystycznych.

2. Kartowanie geologiczno-inżynierskie

Kartowanie polega na lokalizacji i graficznym utrwaleniu na podkładzie topograficznym zjawisk i procesów geologicznych stwierdzonych w wyniku badań polowych. Jest to bardzo skuteczne narzędzie w procesie dokumentowania geologiczno-inżynierskiego zwłaszcza dla obiektów liniowych takich jak eksploatowane linie kolejowe, ponieważ pozwala ono na zaprojektowanie rozpoznania inwazyjnymi metodami bezpośrednimi (wiercenia, sondowania). Czynności te pozwalają na szybkie zidentyfikowanie problemów istotnych z punktu widzenia zagospodarowania terenu, czy też oceny stanu technicznego istniejących konstrukcji oraz ich wpływ na otoczenie. Ułatwia to i optymalizuje dobór właściwej metody badawczej z uwagi na rodzaj problemu czy też samą dostępność terenu.

Zaleca się, aby kartowanie geologiczno-inżynierskie w połączeniu z metodą georadarową (metoda do szybkiej oceny jakościowej podtorza) było podstawą do właściwego udokumentowania warunków gruntowo-wodnych dla projektów związanych z modernizacją eksploatowanych linii kolejowych na etapie przedprojektowym. Wyniki kartowania geologiczno-inżynierskiego powinny w szczególności obejmować:

- 1) inwentaryzację przejawów procesów geodynamicznych (osuwisk, form krasowych, sufozji, erozji, abrazji, innych);
- 2) inwentaryzację form antropogenicznych (wyrobisk, hałd, zwałowisk, wysypisk, osadników, innych);

- 3) inwentaryzację obecności wód powierzchniowych (zalewisk, podtopień, podmokłości, wysięków, ucieczek wód powierzchniowych, innych), w tym także maksymalnego zasięgu wód powodziowych;
- 4) inwentaryzację uszkodzeń istniejących obiektów w tym zjawisk związanych z degradacją podtorza (osiadania, ugięcia podtorza, ścinanie i rozluźnianie podtorza, mieszanie materiału np. podsypka-podtorze, wyciskanie podtorza, gromadzenie wody na powierzchni podtorza, rejestracja stref o podwyższonej wilgotności – rejestracja typu roślinności, deformacje wywołane efektem progowym, inne);
- 5) ocena stanu i skuteczności systemów odwodnieniowych (ocena drożności rowów, rejestracja nowych zbiorników wodnych np. stawy w sąsiedztwie linii kolejowej, inne)
- 6) okonturowanie odkształceń powierzchni terenu związanych z eksploatacją górniczą (niecek, zapadlisk, obniżeń, innych);
- 7) udokumentowanie naturalnych odsłoneń geologicznych wraz z pomiarami biegu i upadu warstw oraz kierunków spękań (w przypadku podłoża skalnego).

Wyniki kartowania geologiczno-inżynierskiego należy zamieścić w dokumentacji (lub studium) w formie pozwalającej na czytelne zidentyfikowanie i lokalizację opisanych zjawisk. Zaleca się przedstawienie w formie tekstowej wzbogaconej o dokumentację fotograficzną oraz kartograficzną (na mapie).

3. Wiercenia badawcze i pobór próbek

Do rozpoznania podłoża gruntowego na potrzeby budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej można wykorzystywać cztery metody wiercenia, które w zależności od sposobu zwiercenia gruntu/skały dzieli się na:

- 1) wiercenia udarowe;
- 2) wiercenia obrotowe;
- 3) wiercenia udarowo-obrotowe;
- 4) wiercenia wibracyjne.

Wyżej wymienione metody wiercenia dzieli się dodatkowo ze względu na: siłę napędową potrzebną do obracania świdra przy wierceniu, sposób usuwania zwiercin z dna otworu, wielkość średnicy otworu wiertniczego, głębokość otworu wiertniczego, rodzaj i konstrukcję narzędzi wierzących, przewodu wiertniczego, urządzenia obrotowego, mechanizmu do zapuszczania i wyciągania narzędzia wiertniczego. Klasyfikację metod wiercenia podano w tabeli Tab. 4-7 [30].

Tab. 4-7 Klasyfikacja metod wiercenia [30]

Podstawowe		Szczegółowe	
wiercenia udarowe	ręczne	suche	linowe
			żerdziowe
	maszynowe		linowe z wahaczem lub szarpakiem
szybkoudarowe płuczkowe (z płuczką)			
wiercenia	ręczne		okrętne

PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

obrotowe	zmechanizowane maszynowe	okrętne			
		małośrednicowe	rdzeniowe	płatczkowe (mokre) bezpłatczkowe (suche)	wrzecionowe stołowe z głowicą napędową ślimakowe
			Pełnoobrotowe (bezdzeniowe)	płatczkowe (mokre)	stołowe z głowicą napędową ślimakowe
				bezpłatczkowe (suche)	ślimakowe
		normalnośrednicowe	rdzeniowane pełno obrotowe (bezdzeniowe)	płatczkowe (mokre)	stołowe
					turbowiertem
		wielkośrednicowe	rdzeniowane pełno obrotowe (bezdzeniowe)		elektrowiertem
					kierunkowe
			ukośne		
wiercenia udarowo-obrotowe	maszynowe	normalno i wielkośrednicowe	rdzeniowane pełno obrotowe (bezdzeniowe)	płatczkowe (mokre) bezpłatczkowe (suche)	stołowe z szarpakiem z głowicą napędową
wiercenia wibracyjne	maszynowe	małośrednicowe	rdzeniowane	suche	przewód z sondą

Metody wiercenia należy dostosować do przewidywanych warunków gruntowo-wodnych, rodzaju gruntu/skały oraz wymaganej klasy jakości próbek. Jest to podstawowy czynnik mający wpływ na koszt udokumentowania warunków gruntowych oraz opracowania końcowego w zależności od etapu badań.

Dobór metody wiercenia zależy głównie od celu i przeznaczenia otwory wiertniczego, typu wiertnicy, rodzaju narzędzia wierzącego oraz od czasu wiercenia i kosztów wykonania otworu.

Główne czynniki wpływające na dobór metody wiercenia to:

- 1) wymagana klasa próbki,
- 2) wymagana głębokość,
- 3) rodzaj gruntów/skał w podłożu,
- 4) warunki terenowe wiercenia (na łądzie, na jeziorze, na rzece),
- 5) minimalna wymagana średnica rdzenia.

Na potrzeby budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej w celu udokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych występujących w podłożu gruntowym zaleca się stosować następujące metody wiercenia:

- 1) okrętne (ręczne i zmechanizowane). Są to wiercenia najprostsze, ale czasochłonne. Stosuje się je powszechnie w badaniach geologicznych dla potrzeb budownictwa. Wiercenia okrętne stosowane są do odwiercania płytkich otworów we wszystkich rodzajach gruntów. Postęp wiercenia spada w gruntach zagęszczonych i zwięzłych. Nie nadają się do wiercenia w skałach;
- 2) obrotowe małośrednicowe. Są to wiercenia szybkie. Stosowane są do odwiercania płytkich otworów we wszystkich rodzajach gruntów i skał. Wiercenia małośrednicowe są bardzo

zróżnicowane pod względem jakości wydobywanego urobku i możliwości pobierania próbek gruntów/skał. Paleta metod wierceń jest bardzo zróżnicowana od wierceń bezrdzeniowych ślimakowych pełnych (najniższej jakości, najczęściej stosowanych i najtańszych) do wierceń rdzeniowych suchych (najwyższej jakości, bardzo rzadko stosowanych);

- 3) udarowe. Są to wiercenia szybkie. Stosowane są do odwiercania otworów we wszystkich rodzajach gruntów i skał;
- 4) wibracyjne. Są to wiercenia szybkie. Stosowane są do odwiercania płytkich otworów we wszystkich rodzajach gruntów. Postęp wiercenia spada w gruntach zagęszczonych i zwięzłych. Nie nadają się do wiercenia w skałach. Powodują naruszenie struktury gruntu na styku grunt-narzędzie wierzące. Są to wiercenia rdzeniowe suche.

Na potrzeby badań geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych najbardziej efektywne jest stosowanie wierceń obrotowych na zmianę z wierceniami udarowymi. Podczas wykonywania wierceń wymaga się stosowania rur okładzinowych w celu właściwego wykonywania pomiarów i obserwacji hydrogeologicznych oraz w celu pobrania próbek gruntów i skał do badań laboratoryjnych. Badania hydrogeologiczne mają na celu zidentyfikować wszystkie przejawy wód podziemnych stwierdzone w czasie wiercenia w tym: pomiary wszystkich nawierconych i ustabilizowanych zwierciadeł wód podziemnych oraz sączeń.

W opracowaniach końcowych, dokumentujących warunki gruntowe, należy dokładnie opisać metodę wiercenia oraz podać zestaw narzędzi wierzących oraz stosowanych próbników do pobierania próbek. Informacja ta umożliwi nadzorowi inwestorskiemu ocenę jakości wykonanych wierceń.

Podczas wierceń geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych w celu udokumentowania stopnia skomplikowania warunków gruntowych oraz oceny właściwości fizyczno-mechanicznych przewiercanych warstw należy pobierać próbki gruntów i skał na potrzeby badań laboratoryjnych.

Wyróżnia się 3 kategorie metod pobierania próbek gruntu ([74], [76]):

- 1) Kategoria A – metoda pozwalająca uzyskać próbki klas 1-5, stosowana w przypadku potrzeby uzyskania próbek klasy 1 lub 2, które odpowiadają dawnym próbkom NNS (o naturalnej strukturze, wg [69]), czyli w stanie nienaruszonym lub z niewielkimi naruszeniami struktury, o wilgotności, gęstości i przepuszczalności takiej jak w warunkach *in situ*;
- 2) Kategoria B – metoda pozwalająca uzyskać próbki klas 3-5, czyli o naturalnym uziarnieniu i wilgotności, lecz o naruszonej strukturze. Jest to odpowiednik dawnych próbek NW (o naturalnej wilgotności, wg [69]);
- 3) Kategoria C – metoda pozwalająca uzyskać próbki klasy 5, czyli o strukturze i wilgotności całkowicie zmienionej. Próbki tej klasy nie odpowiadają dawnym próbkom NU (o naturalnym uziarnieniu, wg [69]).

Charakterystykę poszczególnych klas jakości próbek przedstawiono w Tab. 4-8.

Tab. 4-8 Klasy jakości próbek do i kategorie pobierania próbek wg [74].

Właściwości gruntu		Klasa jakości próbek				
		1	2	3	4	5
Niezmienione	uziarnienie	+	+	+	+	
	wilgotność	+	+	+		
	gęstość, stopień zagęszczenia, przepuszczalność	+	+			
	ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie	+				
Możliwe określenia do	następstwo warstw	+	+	+	+	+
	przybliżone granice warstw	+	+	+	+	
	dokładne granice warstw	+	+			
	granice Atterberga, gęstość właściwa szkieletu gruntowego, zawartość części organicznych	+	+	+	+	
	wilgotność	+	+	+		
	gęstość, stopień zagęszczenia, przepuszczalność	+	+			
	ściśliwość, wytrzymałość na ścinanie	+				
Kategorie pobierania próbek gruntu wg PN-EN ISO 22475-1 [78]		A				
					B	
						C

Do metod kategorii A poboru próbek można zaliczyć m. in.:

- 1) wiercenia z zastosowaniem aparatów rdzeniowych (podwójnych, potrójnych), w przypadku gruntów grubo- i drobnoziarnistych bez stosowania płuczki (tzw. wiercenia rdzeniowane na sucho)
- 2) wiercenia z zastosowaniem świrdrów przelotowych z zastosowaniem wewnętrznych próbników (grunty drobnoziarniste - spoiste)
- 3) cienkościenne próbki wciskane (grunty drobnoziarniste – spoiste, organiczne),
- 4) wielkośrednicowe próbki cylindryczne (grunty drobnoziarniste – spoiste, organiczne),
- 5) cienkościenne próbki tłokowe (grunty drobnoziarniste – spoiste, organiczne),
- 6) próbki blokowe, pobierane z wykopów badawczych.

Do metod kategorii B można zaliczyć m in.:

- 1) wiercenia z zastosowaniem aparatów rdzeniowych (pojedynczych),
- 2) wiercenia z zastosowaniem świrdrów przelotowych (grunty drobnoziarniste - spoiste)
- 3) grubościenne próbki tłokowe (grunty drobnoziarniste – spoiste)
- 4) próbki cylindryczne – SPT (grunty gruboziarniste – niespoiste, ility, pyły).

Do metod kategorii C można zaliczyć m in.:

- 1) wiercenia z zastosowaniem nieprzelotowych świrdrów spiralnych,
- 2) próbki okienkowe.

Szczegółowy podział metod z uwagi na kategorię pobierania i klasę próbek podano w [78].

W przypadku badań na terenach osuwisk w miarę potrzeby należy rozważyć pobór próbek blokowych do wielkoskalowych badań laboratoryjnych.

W przypadku badań podłoża skalnego z zastosowaniem wierceń rdzeniowych, oprócz poboru próbek, należy każdorazowo określić uzysk rdzenia (ZAŁĄCZNIK 10).

4. Badania polowe znormalizowane

Norma [74] wyróżnia 12 polowych metod badawczych, powszechnie uznanych i stosowanych do rozpoznania właściwości podłoża w większości krajów europejskich. Listę dostępnych metod wraz z krótką charakterystyką wartości mierzonych i możliwych na tej podstawie do określenia parametrów geotechnicznych oraz przykładami zastosowań przedstawiono w Tab. 4-9.

Szczególnie przydatne są te, z których uzyskuje się niemal ciągły zapis (np. CPT/CPTU). W badaniach znormalizowanych właściwości podłoża określane są na podstawie regionalnych związków korelacyjnych, które należy często dostosowywać do lokalnych warunków gruntowych. Dlatego też, zwłaszcza w przypadku gruntów antropogenicznych (nasypy kolejowe), należy każdorazowo określić lub zweryfikować zastosowane zależności. Do oceny parametrów geotechnicznych zaleca się stosowania systemu **węzłów badawczych**.

Tab. 4-9 Zestawienie znormalizowanych metod badań podłoża, uzyskiwanych pomiarów oraz wyprowadzonych na ich podstawie parametrów gruntów [74].

Metoda	Wykonywane pomiary	Wartości wyprowadzone *	Zastosowanie	Ograniczenia
Sondowanie dynamiczne DP	liczba uderzeń N10 dla następujących badań: DPL, DPM, DPH, liczba uderzeń N10 lub N20 dla badania DPSH	I_D, φ', M	Zasięg głębokościowy gruntów słabych, nasypowych, Lokalizacja pustek, Lokalizacja stref osłabień Stan gruntów gruboziarnistych (niespoistych)	Ograniczona głębokość: DPL – 8 m DPM – 20 m DPH – 25 m Znaczący wzrost tarcia wraz z głębokością w gruntach spoistych
Badanie dynamiczne sondą cylindryczną SPT	liczba uderzeń N, współczynnik energii E_r , opis gruntu	$I_L, I_D, q_c, \varphi', E$	Pobór próbek, Lokalizacja stref osłabień	Występowanie kamieni, gruzu, dużych otoczków Wymaga podwiertu
Badanie statyczne sondą stożkową MCPT / CPT	opór zagłębienia stożka q_c , miejscowy, jednostkowy opór tarcia na poboczniczy f_s , współczynnik tarcia R_f	$I_L, I_D, c_u, \varphi', c', M, E, OCR, K_0, I_C$	Identyfikacja gruntów, Ustalenie profilu wytrzymałościowego i odkształceniowego podłoża, Zasięg głębokościowy gruntów słabych, nasypowych, Lokalizacja stref osłabień, Oszacowanie historii naprężeń w gruncie, Ocena podatności piasków na upłynnienie, Ocena bocznych naprężeń in situ, Ocena nośności podłoża – metody obliczeniowe dla posadowień bezpośrednich i pali,	Bardzo zagęszczone piaski, żwiry i pospółki
Badanie statyczne sondą stożkową z możliwością pomiaru ciśnienia porowego CPTU	skorygowany opór stożka q_t , miejscowy, jednostkowy opór tarcia na poboczniczy f_s , pomierzone ciśnienie porowe u	$I_L, I_D, c_u, \varphi', c', M, E, \gamma, OCR, K_0, I_C, c_{v(h)}, k_{H(v)}, G_0, CRR$	j.w. + oszacowanie przepuszczalności gruntów	Bardzo zagęszczone piaski, żwiry i pospółki
Badanie dylatometrem płaskim DMT	skorygowane ciśnienie p_0 , skorygowane ciśnienie p_1 przy wychyleniu membrany 1,1 mm, moduł dylatometryczny EDMT, wskaźnik materiałowy IDMT oraz wskaźnik naprężeń poziomych KDMT	$c_u, \varphi', M, K_0, OCR, k_h$	Określenie rodzaju gruntu, Ustalenie profilu wytrzymałościowego i odkształceniowego podłoża Określenie stanu naprężeń w gruncie, Ocena nośności i osiadania fundamentów bezpośrednich i palowych – metody analityczne	Możliwość uszkodzenia membrany w przypadku występowania kamieni, gruzów itp.

Metoda	Wykonywane pomiary	Wartości wyprowadzone *	Zastosowanie	Ograniczenia
Badanie presjometryczne Menarda MPM	moduł presjometryczny EM, ciśnienie pełzania pf, ciśnienie graniczne pLM, krzywa ekspansji (rozszerzalności)	I_D, I_L, c_u, M, q_c	Ustalenie profilu wytrzymałościowego i odkształceniowego podłoża, Nośność i osiadania fundamentów bezpośrednich, Nośność pali	Bardzo zagęszczone piaski, żwiry i pospółki nawodnione Wymaga podwiertu
Badanie dylatometrem cylindrycznym FDT	moduł dylatometryczny EFDT, krzywa odkształcenia	I_D, I_L, c_u, M, q_c	Ustalenie profilu wytrzymałościowego i odkształceniowego podłoża, Nośność i osiadania fundamentów bezpośrednich, Określenie wskaźników odwiertu – względnej odkształcalność warstw skalnych	Brak sprawdzonych korelacji w warunkach polskich
Wszystkie inne badania presjometryczne (PBP, SBP, FDP)	krzywa odkształcenia	I_D, I_L, c_u, M, q_c	Ustalenie profilu wytrzymałościowego i odkształceniowego podłoża, Nośność i osiadania fundamentów bezpośrednich	Bardzo zagęszczone piaski, żwiry i pospółki nawodnione, brak sprawdzonych korelacji w warunkach polskich
Badanie połową sondą krzyżakową FVT	wytrzymałość na ścinanie bez odpływu (bez poprawki) cfv, wytrzymałość na ścinanie bez odpływu gruntu przerobionego crv, krzywa momentu obrotowego	I_L, c_u, c_r, S_t	Ustalenie profilu wytrzymałościowego i odkształceniowego podłoża, Nośność i osiadania fundamentów bezpośrednich	Dla gruntów o $\tau_t < 150$ kPa
Badanie sondą wkręcaną WST	ciągły zapis oporu sondowania sondą wkręcaną, opór sondowania sondą wkręcaną to: – wielkość zagłębienia przy obciążeniu normowym, albo – liczba półobrotów potrzebnych na każde 0,2 m wpędu, przy normowym obciążeniu 1 kN	φ', E, c_u, I_D	Zasięg głębokościowy gruntów słabych, nasypowych,	Grunty zwarte lub zagęszczone
Próbne obciążenie płytą PLT	graniczne naprężenie kontaktowe pu	c_u, E_{PLT}, k_s	Zasadny dla odbiorów geotechnicznych podłoża	Miękkoplastyczne grunty drobnoziarniste

* Wybrano najbardziej znaczące parametry, symbole i opisy wg (PN-EN 1997-2 [74]).

Powyższe metody wraz z przykładami interpretacji uzyskiwanych wyników są szczegółowo opisane w normie PN-EN 1997-2 [74], a wymagania co do sprzętu i procedury badawczej (standaryzacja) ujęto w specyfikacjach technicznych (Rys. 1-2).

5. Wybrane specjalistyczne badania polowe

Pośród metod specjalistycznych, przydatnych do badań gruntu należy wymienić: końcówki sejsmiczne do sondy statycznej (SCPTU), końcówki sejsmiczne do dylatometru (SDMT),

końcówkę opornościową do sondy CPTU (RCPTU/CCPTU), czy też polowe metody badania współczynnika filtracji (BAT). Ponieważ są to metody niezestandaryzowane stąd ich krótką charakterystykę przedstawia ZAŁĄCZNIK 6.

Metody te mogą być niezbędne w sytuacjach zaprojektowania obiektów trzeciej kategorii geotechnicznej (np. tunele, obiekty mostowe) lub w badaniach związanych z oceną właściwości dynamicznych podłoża. Dotyczy to również sytuacji, kiedy do projektowania stosuje się narzędzia, które wymagają podania takich parametrów jak np. moduł ścinania (G_0) – parametr ten jest możliwy do określenia tylko w badaniach (polowych lub laboratoryjnych) z użyciem sejsmiki.

Stosowane aktualnie metody projektowania podane wg EC7 opierają się głównie na parametrach określonych za pomocą metod zestandaryzowanych, natomiast możliwości pomiarowe metod geofizycznych (patrz § 19) w rozpoznaniu podłoża budowlanego pozwalają na rozszerzenie określanego zakresu parametrów. Metody te powinny być stosowane wspólnie z innymi, tradycyjnymi metodami badań, jako narzędzie do:

- 1) lepszego (bardziej efektywnego) planowania punktów badawczych na etapie badań wstępnych;
- 2) potwierdzania prawidłowości wykonanego klasycznie rozpoznania na etapie projektowym i uściślenia modelu geotechnicznego;
- 3) kontroli i badań odbiorczych jakości wykonania i monitorowania podłoża związanego z eksploatacją na etapie badań kontrolnych i uzupełniających.

Tab. 4-10 Kombinacje badań geotechnicznych w zależności od problemu geotechnicznego [8].

problem geotechniczny / rodzaj podłoża	posadowienie	wykopy	nasypy na gruntach organicznych	prognoza zjawiska upłynnienia	specjalistyczne roboty geotechniczne
„słabe” grunty ilaste	SDMT/CPTU SCPTU/FVT	SDMT/CPTU SCPTU/FVT	SDMT/CPTU SCPTU/FVT	SDMT/CPTU SPT/CH	SDMT/CPTU CH/UH*
„mocne” grunty ilaste	DPSH/PMT DMT/PMT	DMT/PMT	DMT/PMT DPSH/PMT	-	DPSH/PMT CH/UH*
luźne piaski	DMT/SCPTU	DMT/SCPTU	DMT/SCPTU	SDMT/CPTU SPT/CH	SDMT/CPTU
zagęszczone piaski	DMT/PMT	DMT/PMT	DPSH/PMT	-	PMT/Met. Geof.
grunty „scementowane”	DMT/SCPTU DPSH/PMT	SDMT/CPTU SDMT/PMT	DPSH/PMT Lab.	-	BH/ Met. Geof.
rozluźnione nasypy	DMT/PLT DMT/PMT	DMT/PLT DMT/PMT	-	DMT/SCPTU SPT/CH	BH/ Met. Geof.
dobrze zagęszczone nasypy	DPSH/PMT DPSH/PLT	DPSH/PMT	-	-	-
masywy skalne	BH/Lab./Met. Geof.	BH/Lab./Met. Geof.	-	-	BH/Lab./Met. Geof.
masywy skrasowiałe	BH/Lab./Met. Geof.	BH/Lab./Met. Geof.	-	-	BH/Lab./Met. Geof.

*- do określenia anizotropii

Tab. 4-10 podaje sprawdzone w praktyce kombinacje metod, wykorzystywane w dokumentowaniu warunków podłoża gruntowego. Podane zestawy badań nie wykluczają użycia innych metod, a opisane zagadnienia nie wyczerpują innych możliwych zastosowań (np. do projektowania pali).

§ 19. Dobór metod badań geofizycznych

1. Badania geofizyczne są bardzo pomocnym narzędziem we wstępnej fazie rozpoznania podłoża (np. już na etapie studium) oraz służą do uszczegółowienia budowy geologicznej w późniejszych etapach, szczególnie tam, gdzie ta budowa jest skomplikowana i tradycyjne metody inwazyjne są niewystarczające, np.: w dolinach rzecznych, na obszarach występowania form krasowych, na obszarach możliwych szkód górniczych, na terenach osuwiskowych, występowania deformacji glacytektonicznych oraz na obszarach, na których mogą wystąpić niespodziewane zmiany, w szczególności występowanie nieciągłości granic geologicznych, pustek, spękań w masywie skalnym, uskoków, podziemnych budowli, itp.
2. Badania geofizyczne stosuje się do:
 - 1) wstępnego, ogólnego rozpoznania budowy geologicznej wzdłuż projektowanego/modernizowanego odcinka. Badania te powinny być wykonane przed planowaniem wierceń geologicznych, powinny być pomocne w ustaleniu lokalizacji wierceń;
 - 2) uszczegółowienia budowy geologicznej wzdłuż projektowanego/modernizowanego odcinka, pomiędzy wykonanymi już wierceniami, lub w obszarze o skomplikowanej budowie geologicznej;
 - 3) określenia niekorzystnych właściwości podłoża, szczególnie stref uskokowych, kawern, pustek czy dolin rzecznych;
 - 4) określenia właściwości i zmian fizyczno-mechanicznych podłoża budowlanego, nasypów.
3. Wybór określonej metody geofizycznej oraz metodyki badań, powinien być dobrany z uwzględnieniem określonej budowy geologicznej oraz potrzeby rozwiązania konkretnego zagadnienia. Zestawienie zalecanych metod wraz z celowością ich stosowania w zależności od rozwiązywanego problemu przedstawiono w Tab. 4-10 gdzie zestawiono główne problemy geologiczne, z jakimi można się spotkać w trakcie prac geologicznych, geologiczno-inżynierskich dla projektowanych lub modernizowanych odcinków linii kolejowych. Tab. 4-10 ujmuje dla danego zagadnienia kilka wariantów wykonania prac. W trakcie projektowania badań należy dobrać wariant który najlepiej zastosować w odniesieniu do warunków, w jakich prowadzone będą prace.

4. Należy również pamiętać, iż nie istnieje jedna uniwersalna metoda, mogąca rozwiązać każde zagadnienie. Niemniej zaleca się stosowanie zaproponowanych metod geofizycznych dla każdego etapu rozpoznania. Dla niektórych zadań zaleca się stosowanie kilku metod badawczych.
5. Badania geofizyczne są bezinwazyjne i szybkie w wykonaniu. Charakteryzują się również możliwością pokrycia terenu dużą większą ilością punktów pomiarowych niż badania o charakterze inwazyjnym.
6. Metody geofizyczne, stosowane do rozwiązywania problemów geologiczno-inżynierskich, pozwalają na pomiar parametrów fizycznych ośrodka, takich jak parametry rozchodzenia się fal sejsmicznych i elektromagnetycznych, oporność elektryczną czy parametrów odzwierciedlających gęstościowe zróżnicowanie ośrodka skalnego. Niedogodnością takiego obrazowania jest to, że skład litologiczny, zawodnienie czy parametry mechaniczne ośrodka są wyznaczone na drodze interpretacji.
7. Spośród zalet stosowania metod geofizycznych należy wymienić:
 - 1) zagęszczenie pomiarów jest na tyle wysokie, że można przyjąć, że pomiar jest ciągły. Krok pomiarowy standardowo stosowany (2-5 metrów lub mniej – w przypadku profilowań georadarowych 2-3 cm) jest porównywalny lub mniejszy niż przeciętne rozmiary obiektów geologicznych lub antropologicznych. Niejednorodności, o rozmiarach mniejszych niż krok pomiarowy, znajdują swoje odzwierciedlenie w wynikach pomiarów – zostają uśrednione i zmieniają mierzone parametry w pewnych strefach, co może wskazywać na potrzebę dokładniejszych ekspertyz;
 - 2) badania geofizyczne nie prowadzą do naruszenia struktury ośrodka ani jego otoczenia; nawet w przypadku metod sejsmicznych, w których wywołuje się w ośrodku drgania, odkształcenia są na tyle małe, że pozostają w zakresie odkształceń sprężystych nawet dla najsłabszych mechanicznie typów ośrodka skalnego.
 - 3) Prędkość wykonania badań, biorąc pod uwagę rozdzielczość rozpoznania jest wysoka; także efektywność kosztowa przy uwzględnieniu zakresu rozpoznania, jest dobra.
8. Metody geofizyczne mają pewne ograniczenia, jednak w większości przypadków pozwalają one wystarczająco scharakteryzować podłoże. Poniżej zwrócono uwagę na ograniczenia wybranych metod w pewnych sytuacjach:
 - 1) metoda georadarowa może być silnie ograniczona w gruntach o wysokiej przewodności (niskiej oporności). W takich przypadkach zasięg metody jest mały i może ograniczyć się nawet do kilku, kilkunastu centymetrów;
 - 2) metody sejsmiczne są mocno ograniczone w terenie gdzie grunt narażony jest na drgania (ruch samochodowy, ruch pociągów, duży ruch pieszych, pobliskie zakłady przemysłowe);

- 3) metody geoelektryczne ograniczone są z kolei dużą ilością infrastruktury podziemnej i naziemnej, obecnością transformatorów, czy innych urządzeń elektrycznych znajdujących się w pobliżu przebiegu profili.

§ 20. Dobór metod badań laboratoryjnych

1. Celem badań laboratoryjnych jest:
 - 1) opis i klasyfikacja próbek gruntu;
 - 2) wyznaczenie parametrów geotechnicznych;
 - 3) określenie przydatności gruntów z wykopów powstałych przy budowie obiektu budowlanego inwestycji liniowej do budowy nasypów tego obiektu oraz górnych części podtorza.
2. Stanowią one uzupełnienie i weryfikację wyników badań polowych a także umożliwiają scharakteryzowanie właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów.
3. Norma [74] zawiera informacje w zakresie najbardziej powszechnie stosowanych metod laboratoryjnych wraz z załącznikami informacyjnymi odnośnie możliwych metodologii i interpretacji. Integralną częścią Eurokodu 7 są specyfikacje techniczne opisujące szczegółowo procedury badawcze dla danej metody Rys. 1-2.
4. Program badań laboratoryjnych opracowywany jest przed rozpoczęciem prac polowych na podstawie materiałów archiwalnych. Następnie po przeglądzie danych uzyskanych w trakcie prac polowych oraz informacji uzyskanych z badań klasyfikacyjnych dokonywany jest wybór próbek do badań mających na celu oznaczenie parametrów geotechnicznych i badań przydatności.
5. Przy ustaleniu rodzaju i liczby badań należy wziąć po uwagę:
 - 1) wymagania projektowe (czy jest to modernizacja czy budowa nowej linii kolejowej, czy jest to podłoże pod nasyp czy podłoże w przekopie, rodzaj fundamentu);
 - 2) jednorodność podłoża;
 - 3) występowanie odcinków szczególnych.
6. Badania laboratoryjne powinny być prowadzone na reprezentatywnych próbkach gruntu. Na jakość wykonanych badań zasadniczy wpływ ma sposób poboru próbek, ich transportu i przechowywania. Wybór próbek do badań jest tak samo ważny jak dobór metody badawczej. Próbki gruntu przygotowane do badań powinny być odpowiednio duże, aby uwzględniały:
 - 1) największe wymiary ziaren
 - 2) naturalne właściwości, takie jak struktura.
7. Przed wykonaniem badań należy sprawdzić aparaturę i przeprowadzić jej kalibrację. Wyniki kalibracji powinny być dostępne w laboratorium.

8. Wyniki badań powinny być zweryfikowane. Należy sprawdzić czy:
- 1) w wynikach nie ma poważnych błędów i odnoszą się one do właściwych próbek;
 - 2) wyniki próbek o podobnym opisie są porównywalne;
 - 3) wyniki poszczególnych badań są zgodne (np. wartość wytrzymałości na ścinanie odpowiada oznaczonej konsystencji gruntu);
 - 4) wyniki badań laboratoryjnych są zgodne z wynikami badań polowych.
9. Rozbieżności w wynikach badań powinny być przeanalizowane. W razie konieczności badania należy powtórzyć.
10. Wyniki przeprowadzonych badań powinny być opracowane w formie tabeli i kart badań oraz naniesione na profile analityczne otworów. Badania klasyfikacyjne wykonuje się w celu identyfikacji podłoża oraz wyznaczenia wskaźnikowych właściwości każdej warstwy. Próbki do tych badań powinny być tak wybrane, aby badania były w przybliżeniu równo rozłożone na całej głębokości oraz powierzchni warstwy. Badania te wykonywane są na wszystkich etapach badań podłoża.
11. Zestawienie badań klasyfikacyjnych przedstawione zostało w Tab. 4-11. Badania mające na celu wyznaczenie parametrów geotechnicznych zostały przedstawione w Tab. 4-12.

Tab. 4-11 Zestawienie badań laboratoryjnych klasyfikacyjnych wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie.

Rodzaj badania	Parametry/ wynik badania	Rodzaj gruntu	Zastosowanie
wilgotność	w	żwiry, piaski, pyły, ropy, grunty organiczne	klasyfikacja gruntów, identyfikacja gruntów organicznych, oznaczenie wskaźnika porowatości, oznaczenie gęstości objętościowej szkieletu gruntowego
gęstość objętościowa	ρ	grunty dla których możliwe jest pobranie próbki o nienaruszonej strukturze	klasyfikacja gruntów, oznaczenie gęstości objętościowej szkieletu gruntowego
granice konsystencji (Atterberga)	granica plastyczności w_p granica płynności w_L	pyły, ropy	klasyfikacja gruntów, ocena plastyczności i odkształcalności
analiza sitowa	krzywa rozkładu uziarnienia oraz parametry uziarnienia	żwiry, piaski, pyły	klasyfikacja gruntów, szacowanie współczynnika filtracji
analiza areometryczna	krzywa rozkładu uziarnienia oraz parametry uziarnienia	pyły, ropy	klasyfikacja gruntów
gęstość właściwa szkieletu gruntowego (piknometry)	ρ_s	piaski, pyły, ropy, grunty organiczne	oznaczenie wskaźnika porowatości, szczególnie przydatne w przypadku gruntów o nietypowym składzie mineralnym (np. grunty organiczne,

cieczowe i gazowe)			grunty zwietrzelinowe)
zawartość części organicznych (metody chemiczne i termiczne)	C_{OM}	wszystkie rodzaje gruntów gdzie istnieje podejrzenie zawartości części organicznych	klasyfikacja gruntów
zawartość węglanów (metoda Scheiblera, metoda wolumetryczna)	C_{CaCO_3}	wszystkie rodzaje gruntów	klasyfikacja gruntów
laboratoryjna sonda obrotowa	wytrzymałość na ścinanie bez odpływu c_u	pyły, iły, grunty organiczne	klasyfikacja gruntów
penetrometr stożkowy	wytrzymałość na ścinanie bez odpływu c_u	pyły, iły, grunty organiczne	klasyfikacja gruntów

Tab. 4-12 Zestawienie badań laboratoryjnych mających na celu wyznaczenie parametrów geotechnicznych wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie.

Rodzaj badania	Parametry/ wynik badania	Rodzaj gruntu	Zastosowanie
badanie edometryczne, konsolidometryczne	moduły ścisłości, wskaźniki ścisłości, współczynnik konsolidacji	pyły, iły, grunty organiczne	charakterystyka odkształcenia gruntów, oznaczanie osiadania i jego prędkości
ściskanie jednoosiowe	Wytrzymałość na ściskanie w jednoosiowym stanie naprężeń q_u	pyły, iły, grunty organiczne	badanie umożliwia szybkie oznaczenie wytrzymałości na ścinanie bez odpływu – ze względu na prędkość stosowaną w badaniu, wartość należy traktować jako szacunkową
badanie w aparacie trójosiowego ściskania	moduł Younga, spójność i kąt tarcia wewnętrznego, wytrzymałość na ścinanie bez odpływu c_u , współczynnik Poissona	piaski, pyły, iły, grunty organiczne	oznaczanie osiadania, ocena nośności podłoża
badanie w aparacie bezpośredniego ścinania	spójność i kąt tarcia wewnętrznego	żwiry, piaski, pyły, iły	ocena stateczności, oznaczenie parametrów rezydualnych
oznaczenie kalifornijskiego wskaźnika nośności	wskaźnik nośności CBR	żwiry, piaski, pyły, iły	ocena nośności
oznaczenie przepuszczalności przy stałym lub zmiennym spadku hydraulicznym	współczynnik filtracji	żwiry, piaski, pyły, iły, grunty organiczne	ocena przepuszczalności
oznaczenie dynamicznych właściwości gruntów	dynamiczny moduł Younga, współczynnik Poissona, współczynnik tłumienia, ciśnienie porowe	żwiry, piaski, pyły, iły	ocena możliwości upłynnienia gruntów, oznaczenie parametrów gruntów poddanych obciążeniom cyklicznym

12. Badania przydatności gruntów wykonuje się, aby ocenić czy grunty z wykopów powstałych przy budowie obiektu budowlanego inwestycji liniowej mogą być wykorzystane do budowy nasypów tego obiektu oraz górnych części podtorza w nasypach i wykopach.
13. Gruntom, które będą stosowane do budowy nasypów należy przypisać klasy jakości zgodnie z klasyfikacją przedstawioną w Instrukcji Id-3 [38] - ZAŁĄCZNIK 8. Zestawienie badań przydatności przedstawia Tab. 4-13.

Tab. 4-13 Zestawienie badań przydatności wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie.

Rodzaj badania	Parametry/ wynik badania	Zastosowanie
granice konsystencji (Atterberga)	granica plastyczności w_p granica płynności w_L	ocena plastyczności
analiza sitowa	krzywa rozkładu uziarnienia	szacowanie współczynnika filtracji, oznaczenie parametrów uziarnienia C_u i C_c
analiza areometryczna	krzywa rozkładu uziarnienia	oznaczenie zawartości cząstek drobnych, ocena wysadzinowości
zawartość części organicznych	C_{OM}	identyfikacja gruntów organicznych
zawartość siarczanów	$C_{SO_4^{2-}}$ lub $C_{SO_3^{2-}}$	ocena korozyjności
kapilarność bierna	H_{kb}	ocena wysadzinowości
wskaźnik piaskowy	WP	ocena wysadzinowości
oznaczenie przepuszczalności	współczynnik filtracji k	ocena przepuszczalności
badanie w aparacie Proctora	wilgotność optymalna, gęstość objętościowa szkieletu gruntowego	charakterystyka zagęszczalności
badanie w aparacie bezpośredniego ścinania	spójność i kąt tarcia wewnętrznego	ocena nośności i stateczności, badanie wykonywane jest na zagęszczonym materiale przeznaczonym do budowy nasypów
oznaczenie kalifornijskiego wskaźnika nośności	wskaźnik nośności CBR	ocena nośności

14. Linie kolejowe posadowione na fundamentach bezpośrednich mogą być narażone na działanie zjawisk mrozowych, powstających w wyniku zamarzania gruntów wysadzinowych, mających kontakt z wodami gruntowymi. Procesowi wysadzinowości mogą podlegać grunty w stanie naturalnym lub stanowiące materiał podłoża konstrukcji. Ryzyko wysadzinowości może być oszacowane na podstawie korelacji pomiędzy właściwościami gruntów przedstawionymi w Tab. 4-14.

Tab. 4-14 Ocena wysadzinowości gruntów [71].

Właściwość	Grupy gruntów		
	<i>niewysadzinowe</i>	<i>wątpliwe</i>	<i>wysadzinowe</i>
Zawartość cząstek (%)			
≤ 0,075 mm	<15	15 - 30	>30
≤ 0,02 mm	<3	3 - 10	>10

Kapilarność bierna H_{kb} (m)	<1,0	$\geq 1,0$	>1,0
Wskaźnik piaskowy WP	>35	25 - 35	< 25

ROZDZIAŁ 5. Zakres badań dla podłoża i podtorza kolejowego na odcinkach szczególnych

Do odcinków szczególnych, wymagających indywidualnego podejścia przy projektowaniu badań z uwzględnieniem specyficznych właściwości gruntów, zgodnie z Instrukcją Id-3 [38] zaliczono:

- Grunty organiczne,
- Grunty zapadowe,
- Grunty pęczniejące,
- Grunty podatne na deformacje filtracyjne,
- Grunty antropogeniczne,
- Skały i zwietrzliny,
- Obszary występowania procesów geodynamicznych,
- Obszary szkód górniczych.

Dla każdego z wyszczególnionych rodzajów odcinków podano krótką charakterystykę oraz zalecenia odnośnie zakresu badań, jaki należy przyjmować przy dokumentowaniu podłoża gruntowego. Zestawienie niezbędnych parametrów do uwzględnienia przy projektowaniu dla odcinków szczególnych przedstawia ZAŁĄCZNIK 15.

W przypadku modernizacji i budowy linii kolejowych dużych prędkości istnieje również potrzeba oceny wpływu obciążeń dynamicznych wywołanych ruchem na wytrzymałość i odkształcalność gruntów stanowiących podłoże budowlane. Drgania rozchodzące się w ośrodku gruntowym, wywołując cykliczną zmianę stanu naprężeń prowadzą do powstania zjawisk niepożądanych (np. *liquefaction* – upłynnienie) niespotykanych w przypadku obciążeń uznawanych za statyczne. Przykładowe nomogramy do oceny podatności na upłynnienie wywołane obciążeniem cyklicznym przedstawia ZAŁĄCZNIK 20.

§ 21. Grunty organiczne

1. Grunty organiczne zazwyczaj [28] charakteryzują się bardzo dużą wilgotnością (do 2200%), małą wytrzymałością na ścinanie ($C_u = 20 - 40$ kPa) oraz dużą ściśliwością ($M_0 = 0,2-2$ MPa). Odkształcalność podłoża organicznego jest uwarunkowana strukturą gruntów organicznych, co wyrażają duże wartości parametrów porowatości (n i/lub e). Ze względu na swoje właściwości fizyczno-mechaniczne grunty organiczne na potrzeby posadowienia są najczęściej wymieniane, wzmocniane lub projekt z góry zakłada fundamentowanie głębokie, które również wymaga specjalistycznych badań cech tych gruntów.

2. Rozpoznanie gruntów organicznych przy dużej i widocznej makroskopowo ilości substancji organicznej jest łatwe, lecz dla pewności należy wykonać badania laboratoryjne w celu określenia jej procentowego udziału. Jeżeli zachodzi podejrzenie (odór zgnilizny, ciemna barwa) także należy wykonać badania zawartości substancji organicznej w gruncie.
3. Wykonując oznaczenia zawartości substancji organicznej w gruncie każdorazowo należy bezwzględnie przywołać normatyw lub procedurę, w oparciu o które przeprowadzono badanie. Przykładowe metody oznaczenia zawartości substancji organicznej oraz klasyfikacje gruntów organicznych przedstawia ZAŁĄCZNIK 19.
4. Grunty organiczne ze względu na swoje właściwości odmienne od gruntów mineralnych nie mogą być parametryzowane na podstawie korelacji, nomogramów i innych stabelaryzowanych przeliczników opracowanych dla gruntów mineralnych.
5. Wykorzystywana w praktyce dokumentacyjnej norma [70] wymusza w przypadku gruntów organicznych zastosowanie tzw. metody A, polegającej na bezpośrednim oznaczaniu wartości parametrów geotechnicznych za pomocą laboratoryjnych lub polowych badań gruntów.
6. Badania parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów organicznych powinny być dostosowane do potrzeb wynikających z projektu posadowienia lub wzmocnienia podłoża (inny zestaw parametrów jest wymagany przy posadowieniu nasypu kolejowego na palach przemieszczeniowych, a inny przy zastosowaniu drenów pionowych).
7. Rodzaj badań polowych należy odpowiednio dobrać w celu oznaczenia wymaganych parametrów geotechnicznych oraz opracowania modelu geologicznego.
8. W celu udokumentowania warstw gruntów organicznych zaleca się stosowanie badań geofizycznych. Metody elektryczne np.: tomografię elektrooporową należy stosować w celu uszczegółowienia modelu geologicznego pomiędzy punktami dokumentacyjnymi (otworami, sondowaniami, wykopami itd.). Na podstawie badań sejsmicznych MASW/SASW/CSWS można oznaczać modułu ścinania G_{max} .
9. Sondowania statyczne CPTU należy bezwzględnie uzupełnić bezpośrednimi pomiarami wytrzymałości na ścinanie w warunkach bez drenażu FVT w celu wyznaczenia odpowiedniego współczynnika stożka N_k/N_{kt} dla potrzeb ekstrapolacji wyników z pomiarów CPTU. Pomiary dylatometryczne DMT lub presjometryczne PMT zaleca się stosować do oznaczania parametrów odkształceniowych gruntów organicznych jako bardziej wiarygodny pomiar bezpośredniego odkształcenia gruntu w trakcie badania, niż interpretacja na podstawie pomiarów oporu na stożku q_c i jego mnożenie przez niezwyfikowany empiryczny i arbitralnie przyjęty współczynnik α .
10. W laboratorium, w zależności od sposobu posadowienia obiektu budowlanego na gruntach organicznych, należy oznaczyć następujące parametry odkształcenia:

- 1) edometryczny moduł ścisłości pierwotnej;
- 2) edometryczny moduł ścisłości wtórnej;
- 3) moduł odkształcenia pierwotnego;
- 4) moduł odkształcenia wtórnego;
- 5) wskaźnik ścisłości

oraz ze względu na przewidywaną małą nośność w aparacie trójosiowego ściskania TX należy zbadać parametry wytrzymałościowe:

- 6) kąt tarcia wewnętrznego;
 - 7) spójność;
 - 8) E_{50} , E_{UR} .
11. Badania TX należy prowadzić w warunkach bez odpływu CU podając zarówno parametry całkowite i efektywne lub należy wykonać badania z drenażem CD wyprowadzając tylko parametry efektywne.
 12. Oznaczenia modułu ścinania G_{max} może zostać przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych w warunkach naprężeń efektywnych w aparatach TX posiadających moduły BE (ang. *bender elements*). Ze względu na obciążenia dynamiczne wywoływane przez ruch kolejowy należy zbadać również wytrzymałości na ścinanie w warunkach obciążeń cyklicznych dostosowanych do wymagań projektowych.
 13. Wzmocnienie podłoża organicznego w celu posadowienia bezpośredniego, metodą nasypu przeciążającego uwzględniającego dodatkowy drenaż pionowy (VD – ang. *vertical drains*) wymaga dodatkowych oznaczeń. Niezależnie od wyznaczonych modułów ścisłości i odkształceń należy podać parametry konsolidacji:
 - 1) współczynnik konsolidacji pionowej,
 - 2) współczynnik konsolidacji poziomej (radialnej),z których należy wyprowadzić odpowiednie współczynniki filtracji oraz współczynniki konsolidacji wtórnej (współczynnik pełzania). Zakres obciążeń oraz ścieżkę obciążeń należy w przybliżeniu dostosować do projektowanej wysokości nasypu przeciążającego oraz faz obciążania.
 14. Dla potrzeb posadowienia głębokiego lub innych metod wzmocnienia część badań może nie być wymagana, lecz każdorazowo należy ją dostosować do wymagań projektowych.
 15. Liczba rodzajów gruntów organicznych, ich typów, podtypów i innych mniejszych wydzieleni wraz z podziałami ze względu na zawartości poszczególnych składników determinujących ich właściwości geologiczno-inżynierskie sugeruje konieczność indywidualnego podejścia do badań na potrzeby projektów posadowienia lub wzmocnienia. Przy oznaczaniu parametrów fizyczno-mechanicznych w gruntach organicznych należy unikać korzystania wyłącznie z korelacji i wykonywać oznaczenia w za pomocą bezpośrednich metod badań.

§ 22. Grunty zapadowe

1. Do gruntów zapadowych zaliczane są głównie lessy pochodzenia eolicznego. Lessy wykształcone są w trzech facjach: eolicznej (wysoczyznowej), soliflukcyjnej (zboczowej) i dolinnej (aluwialnej).
2. Lessy pod względem uziarnienia (wg [79]) najczęściej są wykształcone jako pyły, pyły piaszczyste i gliny pylaste oraz rzadziej, jako gliny pylaste zwarte i gliny piaszczyste, o barwie od żółtej do brązowo-żółtej. Na obszarze Polski południowo- wschodniej pokrywa lessowa osiąga miąższości maksymalnie do 30 m. Duże miąższości wynikają z zasypania osadami pylastymi starszych form dolinnych.
3. Lessy wysoczyznowe, określane jako typowe, są najczęściej spotykane i mają największe znaczenie dla budownictwa. Tworzą zwarte pokrywy na wysoczyznach o miąższości do kilku metrów, rzadziej występują na stokach dolin. Lessy typowe zawierają od 70% do 90% frakcji pyłowej (przedział od $>0,002$ do $0,063$ mm). Charakteryzują się teksturą bezładną oraz znaczną zawartością węglanów wapnia (najczęściej od 8% do 10% CaCO_3) w porównaniu z lessami innych facji. Słabo scementowane i porowate są bardzo podatne na procesy erozji wodnej, sufozję i ruchy osuwiskowe. Związane jest to z mikrostrukturą szkieletową lessów, zbudowaną z ziaren pylastych, głównie kwarcu. Stosunkowo mała gęstość ułożenia ziaren i cząstek powoduje, że pod wpływem wody występuje filtracyjne niszczenie struktury lessu. Lessy wysoczyznowe charakteryzują się małą wilgotnością naturalną w profilach pionowych, co decyduje o znacznej ich wytrzymałości na ścinanie. Szybki spadek wytrzymałości występuje przy stopniu wilgotności $S_r > 0,70$. Lessy wykształcone jako pyły bardzo łatwo pochłaniają wodę, a tym samym rozmakają. Badania szybkości rozmakania kostek lessu wykształconych jako pył wykazały, że całkowity ich rozpad następuje po od 1 do 2 minut.
4. Cechą charakterystyczną lessów wysoczyznowych jest osiadanie zapadowe. Dotychczasowe badania wykazały, że warstwy lessów o strukturze nietrwałej występują do głębokości 4,0 m poniżej powierzchni terenu, a sporadycznie do głębokości 5,0 m. Miąższość warstw lessów zapadowych w punktach położonych nawet w niewielkich odległościach od siebie, od kilku do kilkunastu metrów, zmienia się często w sposób gwałtowny.
5. Charakterystyczne jest tworzenie się prawie pionowych skarp w lessach wysoczyznowych. Główną przyczyną rozwoju procesów geodynamicznych w obrębie utworów lessowych jest łatwość infiltracji wód w masyw i spływ wód opadowych.
6. Lessy zboczowe są znacznie zróżnicowane pod względem wykształcenia litologicznego – od pyłów po gliny pylaste zwarte, często z okruchami skał występujących w ich spągu.

7. zboczowe są utworami podatnymi na różne formy erozji wodnej. Występują następujące rodzaje erozji wodnej: erozja powierzchniowa, liniowa i podziemna (sufozja). Wszystkie te procesy mają związek z nagłymi i silnymi opadami atmosferycznymi.
8. Lessy dolinne (aluwialne) powstały w środowisku wodnym. Do dolinnej facji zalicza się także lessy zredeponowane z obszarów przyległych do doliny.
9. W lessach dolinnych wyraźnie są widoczne procesy sedymentacyjne w postaci warstwowania lub smugowania osadów. Osady aluwialne mają strukturę trwałą, nie występują w nich zjawiska osiadania zapadowego.
10. Do oceny ilościowej właściwości fizyczno-mechanicznych lessów przydane są sondowania sondą obrotową (FVT), sondą wciskaną (CPT/CPTU), sondą wkręcaną (WST) oraz presjometryczne (PMT) lub dylatometryczne (DMT). Do jakościowej charakterystyki lessów typowych o wilgotności naturalnej poniżej 20 % można wykorzystać sondowania dynamiczne DPL.
11. Przy badaniach wytrzymałości na ścinanie sondą obrotową ważne jest, aby prędkość obrotu końcówki krzyżakowej wynosiła 5°/min. Celowe jest stosowanie w badaniach końcówki krzyżakowej o średnicy 40 mm i wysokości 80 mm oraz o grubości skrzydełek 1,2 mm.
12. Specyficzną właściwością lessów typowych jest podatność na osiadanie zapadowe pod wpływem nasycenia porów wodą przy określonym stanie naprężeń. Ocenę trwałości struktury lessów wykonuje się przez określenie wskaźnika osiadania zapadowego (i_{mp}) w warunkach badania edometrycznego.
13. Wskaźnik osiadania zapadowego oblicza się wg wzoru:

$$i_{mp} = (h' - h'')/h_0$$

gdzie:

h' - wysokość próbki po umownym zakończeniu osiadań przed nasyceniem próbki wodą,

h'' - wysokość próbki przy tym samym obciążeniu po całkowitym nasyceniu wodą i umownym zakończeniu osiadań,

h_0 - wysokość próbki po umownym zakończeniu osiadań przy naprężeniu pierwotnym, odpowiadającym obciążeniu gruntem na danej głębokości.

Grunty zapadowe mają wskaźnik $i_{mp} > 0,02$.

14. Przeprowadzone badania umożliwiły określenie kryterium oceny struktury nietrwalej lessu także na podstawie wartości różnicy między presjometrycznym naprężeniem granicznym (P_L) a naprężeniem pełzania (P_f) spełniające warunek:

$$P_L - P_f \leq 0,21 \text{ MPa}$$

15. Kryterium $P_L - P_f$ pozwala wydzielić warstwy lessów o strukturze nietrwałej bez określania wskaźnika osiadania zapadowego.

16. Kryterium orientacyjnym zapadowości lessów typowych są warunki:

$$Sr < 0,60 \quad i \quad e > 0,72$$

17. Lessy typowe mają właściwości gruntu zapadowego, gdy gęstość objętościowa szkieletu $\rho_d < 1,6 \text{ Mg/m}^3$.

18. Na podstawie badań porównawczych ustalono, że lessy typowe o stopniu wilgotności $Sr < 0,6$ (w_n mniejsza od 12 %), mogą mieć strukturę nietrwałą, gdy:

- 1) opór na stożku sondy wciskanej $q_c < 3 \text{ MPa}$,
- 2) wytrzymałość na ścinanie sondy obrotowej $\tau_f < 0,09 \text{ MPa}$,
- 3) liczba półobrotów sondy wkręcanej na 0,2 m zagłębienia sondy $M_W < 15$

19. Wyniki badań polowych przeprowadzone w różnych rejonach południowej Polski wykazały, że strukturą nietrwałą charakteryzują się przede wszystkim lessy typowe, wykształcone jako pyły poziomów stratygraficznych zaliczonych do lessów młodszych górnych (LMg) i lessów młodszych środkowych (LMs).

§ 23. Grunty ekspansywne

1. Grunty ekspansywne są to grunty, które mają zdolność do zmian objętości na skutek oddziaływania wody. Pod wpływem zwiększonego dostępu wody (wynikającego z warunków atmosferycznych lub eksploatacyjnych) grunty pęcznieją, a na skutek ubytku wody wykazują skurcz. Powoduje to przemieszczenia podłoża fundamentowego - podniesienie i osiadanie - wywierające często negatywny wpływ na konstrukcję obiektów posadowionych w ich strefie.
2. Na wielkość zjawisk pęcznienia i skurczu wpływa wiele czynników m.in. struktura gruntu, zawartość procentowa frakcji ilowej, chemizm wód nasycających, lecz przede wszystkim skład mineralny frakcji ilowej.
3. Na terenie Polski grunty ekspansywne w większości znajdują się blisko powierzchni ziemi i są prekonsolidowane. Grunty te mają wilgotność równą lub niższą od granicy plastyczności. Ich wytrzymałość na ścinanie jest stosunkowo wysoka. Przy projektowaniu fundamentów i na etapie wykonywania prac należy uwzględnić wrażliwość tych gruntów na zmiany wilgotności szczególnie w strefie przypowierzchniowej gdzie wahania wilgotności są największe. Posadowienie na gruntach ekspansywnych wymaga odpowiedniego

zabezpieczenia podłoża przed zmianami wilgotności oraz zaprojektowania fundamentów i konstrukcji tak, aby wytrzymały wpływ pęcznienia i skurczu lub dostosowały się do nich.

4. Do gruntów ekspansywnych zalicza się przede wszystkim:
 - 1) mioplioceniowe iły serii poznańskiej (iły pstry), mioceńskie iły zapadliska przedkarpackiego, oligoceniowe iły rejonu Szczecina (iły septariowe);
 - 2) czwartorzędowe iły zastoiskowe centralnej Polski, iły glacialimniczne klifu bałtyckiego.
5. Do wstępnej identyfikacji podłoża podatnych na zmiany deformacyjne pod wpływem wahań wilgotności i oceny wielkości potencjalnych zmian, w literaturze proponuje się różne klasyfikacje gruntów ekspansywnych (żadna z nich nie jest znormalizowana). Dzielą one grunty na kilka stopni ekspansywności (zwykle od bardzo niskiego do bardzo wysokiego), bazujących na cechach wskaźnikowych gruntów, którymi najczęściej są: granice Atterberga, wskaźnik plastyczności, przedział skurczalności, wilgotność początkowa, zawartość frakcji ilowej, aktywność koloidalna, wielkość powierzchni właściwej itp. Wybrane klasyfikacje gruntów ekspansywnych przedstawia ZAŁĄCZNIK 9.
6. W sytuacji, gdy badania identyfikacyjne wykażą potencjalną ekspansywność gruntu, konieczne jest oznaczenie metodami bezpośrednimi na próbkach klasy 1 i 2 parametrów pęcznienia gruntu - wskaźnika pęcznienia oraz ciśnienia pęcznienia. Parametry te oznaczane są w jednoosiowym stanie odkształcenia w edometrach. Wskaźnik pęcznienia E_p określa procentowy przyrost objętości gruntu w stosunku do objętości początkowej w efekcie nasycania gruntu wodą, znajdującego się pod niewielkim ciśnieniem wstępnym. Ciśnienie pęcznienia P_c jest to ciśnienie, równe takiemu obciążeniu, przy którym nie obserwuje się wzrostu objętości próbki będącej w kontakcie z wodą.

§ 24. Grunty podatne na deformacje filtracyjne

1. Deformacjami filtracyjnymi nazywa się zmiany w gruncie (struktury, tekstury, składu granulometrycznego, porowatości, rozkładu porów, gęstości objętościowej, przepuszczalności, skonsolidowania, zagęszczenia, wytrzymałości) wywołane filtracją wody. Zmiany mogą być bezpośrednim efektem zarówno chemicznego, jak i mechanicznego oddziaływania strumienia wody na grunt [17].
2. Rodzaj, wielkość i dynamika tych deformacji zależy z jednej strony od wielkości i kierunku działającego ciśnienia, a z drugiej strony od budowy masywu gruntowego oraz rodzaju gruntu i jego własności strukturalno-teksturalnych.
3. Rodzaje deformacji filtracyjnych:
 - 1) **sufozja** - proces polegający na wynoszeniu (przemieszczenie ich lub wyniesione poza obręb gruntu) pod wpływem przepływającej (filtrującej) wody drobniejszych cząstek lub ziaren szkieletu mineralnego gruntu. W rezultacie sufozji dochodzi do powiększenia

- przestrzeni porowych, wzrasta współczynnik filtracji. Materiał zostaje przemieszczony w inne miejsce lub wyniesiony poza obręb gruntu. Zjawisko to prowadzi często do powstawania kawern lub kanałów w obrębie gruntu i przybiera cechy tzw. przebicia hydraulicznego. Sufozja może być mechaniczna (wewnętrzna, kontaktowa) i chemiczna;
- 2) **kolmatacja** - odwrotny proces względem sufozji, osadzanie wymytych cząstek w porach gruntu. Proces mechanicznego osadzania zawieszin oraz drobnych frakcji piaszczystych i ilastych na filtrach studziennych i w ośrodku gruntowym w strefie przyfiltrowej. Zachodzi podczas pompowania lub przy wtlaczaniu wody do otworów. Towarzyszą mu zwykle procesy chemiczne i biochemiczne, prowadzące łącznie do ograniczenia przepustowości filtru i strefy przyfiltrowej;
 - 3) **erozja wewnętrzna** - całkowite i skoncentrowane wymywanie cząstek z masywu gruntowego (transport ich poza masę), prowadzące do wytworzenia kawern, tuneli itp.;
 - 4) **upłynnienie** (filtracyjne zniszczenie struktury gruntu) - pod wpływem ciśnienia hydrodynamicznego grunt czasowo przechodzi w stan płynny, tzw. Kurzawki;
 - 5) **wyparcie hydrauliczne** - proces wyparcia wskutek przepływającej wody określonej objętości gruntu (wraz z obciążającymi ją elementami), ogólnie w kierunku przeciwnym do działania siły grawitacji;
 - 6) **przebicie hydrauliczne** - punktowe wyparcie hydrauliczne, jest to zjawisko tworzenia się kanału w masie gruntowej, wypełnionego gruntem o naruszonej strukturze, łączącego miejsca o wyższym i niższym ciśnieniu wody w porach. Zjawisko przebicia występuje przeważnie w gruntach mało spoistych podścielonych gruntami przepuszczalnymi;
 - 7) **osiadanie zapadowe, konsolidacja filtracyjna** - procesy związane ze zmniejszeniem porowatości w wyniku filtracyjnego zniszczenia struktury lub reorientacji (połączenie z dehydratacją) cząstek szkieletu gruntowego.
4. Najistotniejszym parametrem określającym wpływ ruchu wody na odpowiednie zachowanie się gruntu (powstanie deformacji filtracyjnych) jest spadek hydrauliczny. Dla wyznaczania warunków powstawania deformacji filtracyjnych w gruntach, krytyczne spadki i_{kr} można obliczyć np. ze wzoru Sichardta [15]:

$$i_{kr} = 1/15\sqrt{k}$$

gdzie k - współczynnik filtracji gruntu

Dopuszczalny spadek hydrauliczny i_{dop} nie powinien przekraczać (o ile nie występują obciążenia dynamiczne):

$$i_{dop} = 0,5 i_{kr}$$

Potrzebny do zainicjowania poszczególnych rodzajów deformacji spadek hydrauliczny, tzw. krytyczny (i_{kr}) będzie mieć różną wartość. Badania laboratoryjne i obserwacje terenowe wskazują, że:

$$i_{kr} \text{ wyparcia hydraulicznego} > i_{kr} \text{ przebicia hydraulicznego} > i_{kr} \text{ sufozji}$$

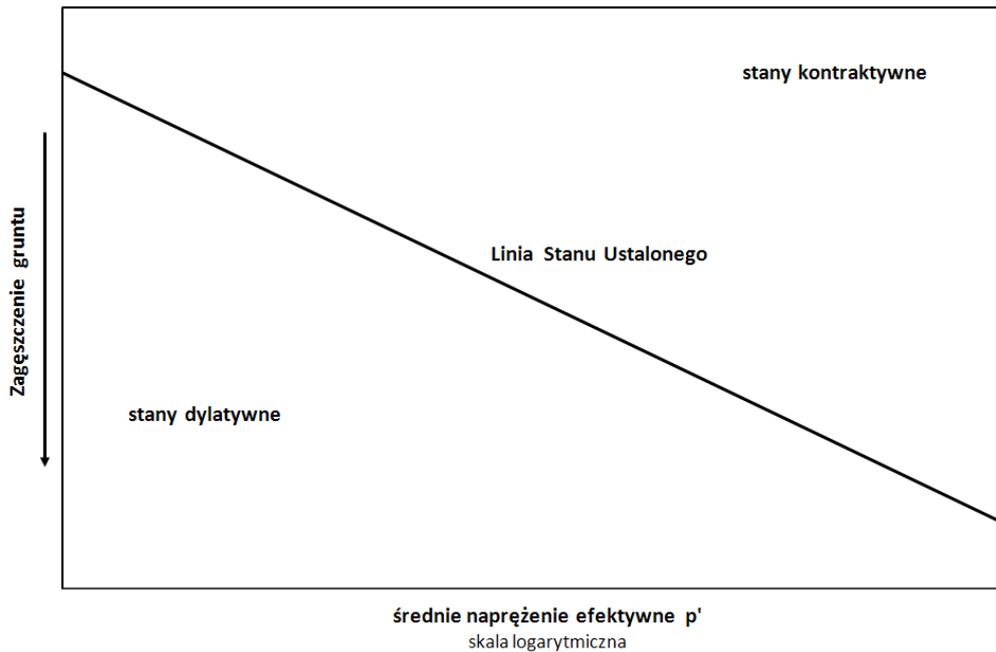
$$i_{kr} \text{ wyparcia hydraulicznego} > i_{kr} \text{ upłynnienia}$$

5. Poza spadkiem hydraulicznym ważnym czynnikiem w rozwoju deformacji filtracyjnych gruntu jest skład granulometryczny.
6. Według [11] o sufozyjności gruntu decyduje wskaźnik jednorodności uziarnienia gruntu C_U :
 - 1) mechaniczna sufozja nie może zaistnieć, gdy $C_U \leq 10$;
 - 2) może dojść do sufozji mechanicznej lub do upłynnienia gruntu, gdy $10,0 < C_U < 20,0$;
 - 3) sufozja mechaniczna może zaistnieć, gdy $C_U \geq 20,0$;
7. Upłynnienie gruntu następuje, gdy naprężenia efektywne osiągają wartość zerową, a więc:

$$i = i_{kr}$$

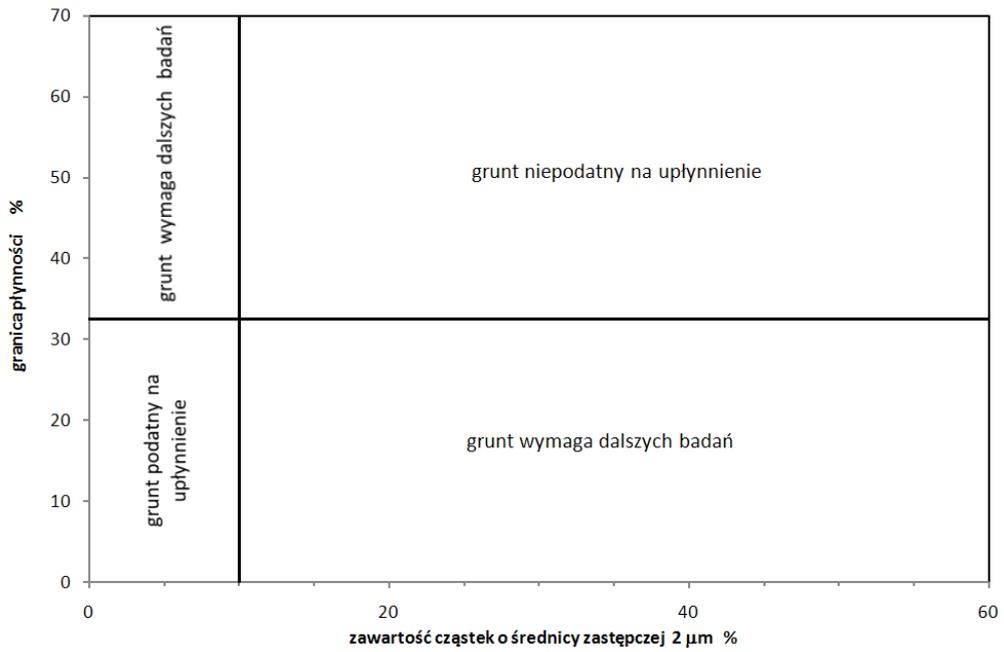
8. Grunty wrażliwe na upłynnienie (przejście w stan kurzawki) mają cechy gruntów dylatantnych, rozluźniających swoją strukturę pod wpływem wstrząsów, drgań, obciążeń dynamicznych.
9. Polska leży na obszarze klasyfikowanym jako asejsmiczny mimo to wiele obiektów budowlanych stale lub okresowo poddawanych jest oddziaływaniom cyklicznym, które mogą mieć charakter obciążeń dynamicznych. Źródłami tych oddziaływań są z pewnością oddziaływania komunikacyjne a na terenach intensywnej działalności górniczej wstrząsy i tąpnięcia związane z eksploatacją różnego rodzaju surowców. Wspólną cechą tych oddziaływań jest ich stosunkowo niewielka intensywność oraz ograniczony zasięg w porównaniu do trzęsień ziemi. Mimo to w pewnych okolicznościach mogą stanowić przyczynę procesów prowadzących do relatywnie szybkiego zniszczenia lub poważnego uszkodzenia obiektów budowlanych. Budowle ziemne oraz grunty podłoża obiektów budowlanych wymagają sprawdzenia ze względu na wyczerpanie nośności lub powstania znacznego osiadania dodatkowego.
10. Kluczowym zagadnieniem staje się więc ocena możliwości powstania zjawiska upłynnienia. Upłynnienie jest zjawiskiem spektakularnym. Upłynniony grunt makroskopowo zachowuje się podobnie do cieczy i nie przenosi naprężeń ścinających, co prowadzi do awarii lub katastrof obiektów budowlanych.
11. Upłynnienie gruntu mogą spowodować zarówno obciążenia monotoniczne jak i obciążenia cykliczne. Ocena zdolności do upłynnienia się gruntu nie jest zadaniem łatwym. Statyczne upłynnienie gruntu zależy od rodzaju gruntu oraz od tego czy dany grunt znajduje się w stanie dylatantnym lub kontraktywnym. Aby przewidzieć te reakcje należy znać zarówno wartość początkowego wskaźnika porowatości e_0 oraz początkowe średnie naprężenie

efektywne p' . Linia stanu ustalonego LSU rozdziela stany kontraktywne i dylatywne. Nawodniony grunt kontraktywny może ulec statycznemu upłynnieniu, zaś grunt dylatywny zwiększający swoją objętość podczas ścinania nie ulegnie statycznemu upłynnieniu.

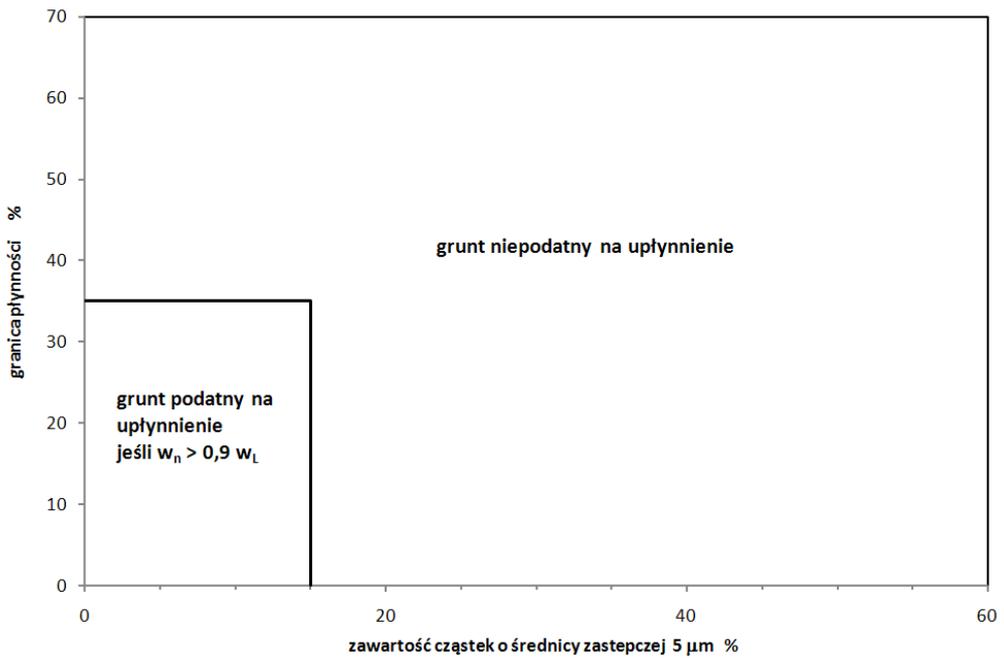


Rys. 5-1 Początkowe stany kontraktywne i dylatywne w gruntach sypkich.

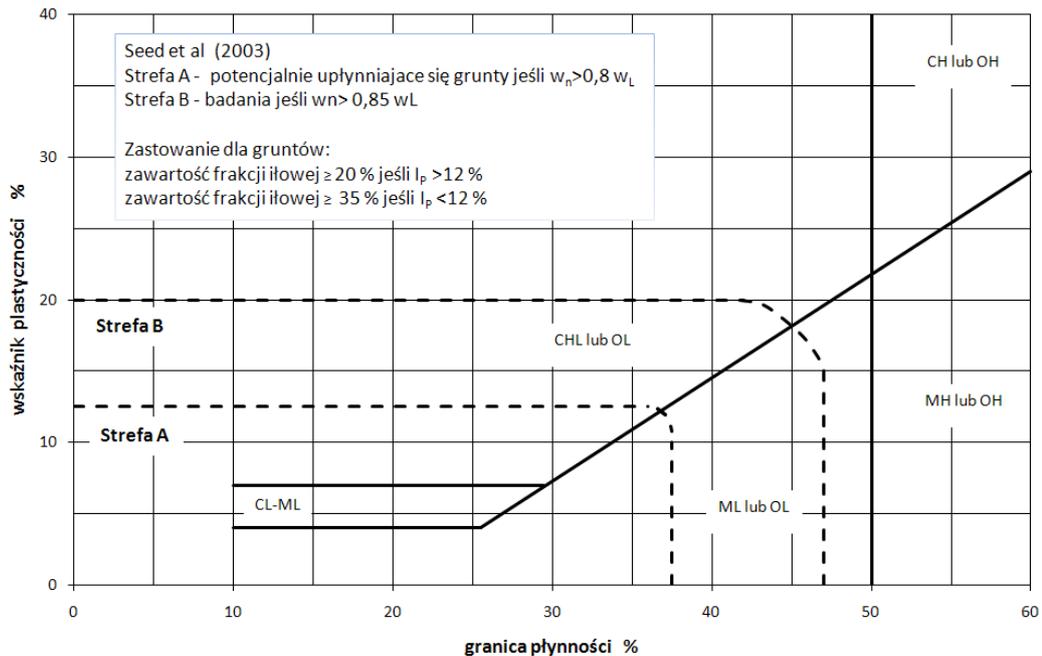
12. Ocenę zdolności do upłynnienia się gruntu pod wpływem obciążeń cyklicznych można przeprowadzić wykorzystując badania laboratoryjne oraz badania polowe. W przypadkach wątpliwych należy bezwzględnie przeprowadzić równoległe testy laboratoryjne oraz badania in situ (CPT/ SCPTU, DMT/SDMT, SASW/CSWS/MASW).
13. Wstępną ocenę możliwości upłynnienia można przeprowadzić wykorzystując wyniki podstawowych badań laboratoryjnych: w przypadku gruntów sypkich krzywe przesiewu a w przypadku ilów i pyłów wilgotność naturalną, analizę areometryczną oraz granicę plastyczności i granicę płynności.
14. W przypadku pyłów i ilów wstępną ocenę ich zdolności do upłynnienia można przeprowadzić wykorzystując nomogramy przedstawione poniżej.



Rys. 5-2 Nomogram do oceny zdolności do upłynnienia gruntów drobnoziarnistych [1]



Rys. 5-3 Kryterium chińskie do oceny zdolności do upłynnienia gruntów drobnoziarnistych [26].

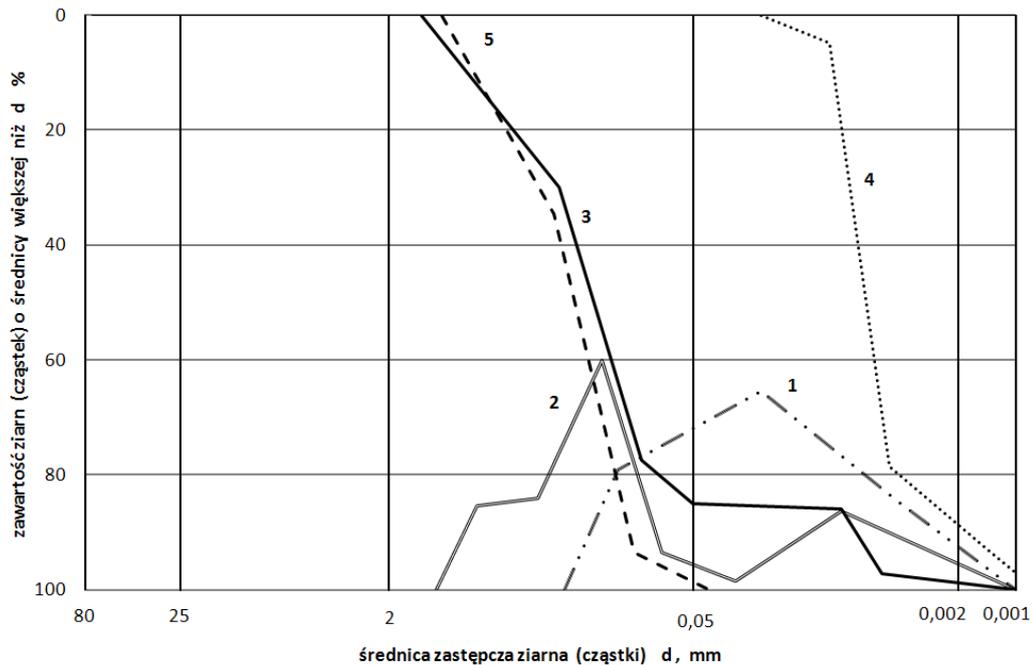


Rys. 5-4 Nomogram do oceny zdolności do upłynnienia gruntów drobnoziarnistych według [25].

15. Rozwój deformacji filtracyjnych uwarunkowany jest przede wszystkim cechami teksturalno-strukturalnymi oraz warunkami hydrogeologicznymi (i klimatycznymi), które często charakteryzują się znaczną dynamiką.
16. Sufozja jest procesem złożonym i zróżnicowanym. Proces sufozji mechanicznej może rozwinąć się tylko w gruntach różnoziarnistych (potencjalnie podatnych) przy istnieniu odpowiednio dużego ciśnienia spływowego wody gruntowej.
17. W gruntach różnoziarnistych w szkieletcie gruntowym wyróżniana jest część złożona z większych ziaren – tzw. konstrukcja szkieletowa oraz część złożona z cząstek i mniejszych ziaren będąca tzw. wypełnieniem konstrukcji szkieletowej [14].
18. Przy ocenie sufozyjności gruntu zaleca się uwzględnienie wielkości i zawartości ziaren gruntu oraz ich przestrzennego ułożenia, zgodnie z [14]. W pracy tej sufozja została podzielona na sufozję miejscową, która przeważnie nie powoduje większych zmian porowatości oraz przestrzennego ułożenia ziaren gruntu oraz na sufozję ogólną rozwijającą się progresywnie w całej objętości gruntu. Sufozja ogólna jest szczególnie niebezpieczna dla obiektów budowlanych.
19. Do oceny rodzaju sufozji oraz podatności gruntu sufozję zaproponowano wykorzystanie krzywej granulometrycznej w postaci krzywej różnicowej. W przypadku jednowierzchołkowej krzywej różnicowej grunt jest niesufozyjny lub co najwyżej o miejscowej sufozji. Dwuwierzchołkowa krzywa różnicowa ocenia grunt jako potencjalnie sufozyjny zaś

możliwość powstania sufozji określają odpowiednie wartości konstrukcji szkieletowej i ekwiwalentów hydraulicznych porów konstrukcji szkieletowej oraz i porów całego gruntu.

20. Podobny podział fazy stałej gruntu na część konstrukcji szkieletowej oraz wypełnienia w nieco bardziej skomplikowanej ocenie sufozyjności gruntu prezentuje praca. Dodatkowo w ocenie sufozyjności gruntu zastosowano elementy probabilistyki.



Rys. 5-5 Krzywe składu granulometrycznego do oceny sufozyjności gruntu wg Kondratiewa [14];

1 – krzywa różnicowa jednowierzchołkowa gruntu niesufozyjnego lub co najwyżej o miejscowej sufozji; 2 – krzywa różnicowa dwuwierzchołkowa gruntu sufozyjnego; 3 – krzywa kumulacyjna całego gruntu; 4 – krzywa kumulacyjna wypełnienia; 5 – krzywa kumulacyjna konstrukcji szkieletowej.

21. W czasie prac kartograficznych należy zwrócić szczególną uwagę na:

- 1) morfologię terenu (kształt zagłębień bezodpływowych oraz ich położenie względem siebie);
- 2) warunki hydrogeologiczne - miejsca wypływu wód podziemnych, kierunki przepływu i położenie zwierciadła wód podziemnych;
- 3) makroskopowe rozpoznanie cech gruntu mogących świadczyć o występowaniu deformacji filtracyjnych.

22. Gruntami najbardziej podatnymi na deformacje filtracyjne są lessy. Można w nich spotkać praktycznie wszystkie rodzaje deformacji.

§ 25. Grunty antropogeniczne

1. Zgodnie z normą [79] **grunty antropogeniczne** są to odpady stałe (przemysłowe, górnicze, rolnicze, bytowe), powstałe w wyniku działalności gospodarczej i bytowej człowieka. Dodatkowe zasady ich dokumentowania można znaleźć w [35].

2. W dokumentowaniu warunków budowy linii kolejowych i obiektów towarzyszących w obszarach występowania gruntów antropogenicznych należy określić:
 - 1) zmienność przestrzenną ich występowania (zasięg i miąższość);
 - 3) zmienność przestrzenną właściwości materiału i składu mineralnego;
 - 4) warunki hydrogeologiczne;
 - 5) specyficzne cechy materiału jak np. toksyczność (wg zaktualizowanej listy holenderskiej) lub radioaktywność;
 - 6) ustalenie ewentualnego wpływu tych gruntów na środowisko.
 3. Dane te są wymagane do oceny gruntów antropogenicznych jako podłoża, a także ze względu na ochronę środowiska – nawet wtedy, gdy podjęta będzie decyzja o ich wymianie.
 4. Zakres badań w odniesieniu do gruntów antropogenicznych, ze względu na ich często nieprzewidywalną zmienność, szczególnie występującą w zwałach, powinien być zwiększony. Tereny ich występowania powinny być traktowane o jeden stopień wyżej w złożoności warunków geologiczno-inżynierskich, niż by to wynikało tylko z oceny warunków naturalnych środowiska i odpowiednio do tego powinna być zwiększona liczba punktów badawczych.
 5. Zakres prac dokumentacyjnych pozwala ograniczyć materiały archiwalne dotyczące technologii składowania, różnorodności składowanego materiału na określonych polach i w określonym czasie oraz zdjęcia lotnicze lub ortofotomapy, pozwalające w wyniku obróbki komputerowej na ustalenie granic występowania gruntów antropogenicznych nie wyróżniających się w morfologii terenu.
 6. Metodyka badań gruntów antropogenicznych powinna być dostosowana do ich wykształcenia i właściwości. Zaleca się ogólnie stosować metody badawcze stosowane do gruntów naturalnych. Do rozpoznania układu i składu gruntu szczególnie przydatne są wykopy badawcze, umożliwiające dobry przegląd i identyfikację oraz pobranie reprezentatywnych próbek.
 7. Ze względu na zróżnicowanie chemiczne i zwykle słabe skonsolidowanie materiału antropogenicznego, poza cechami identyfikacyjnymi należy określić:
 - 1) skład chemiczny i mineralny;
 - 2) strukturę gruntu;
 - 3) odkształcalność;
 - 4) podatność na deformacje filtracyjne;
 - 5) podatność na rozmywanie;
 - 6) wysadzinowość;
- a w uzasadnionych przypadkach także:
- 7) radioaktywność;

- 8) samozapalność;
- 9) występowanie substancji niemineralnych i zanieczyszczeń ropopochodnych;
- 10) wytrzymałość na obciążenia dynamiczne.

§ 26. Skały i zwietrzliny

1. Skały na terenie Polski występują głównie na obszarach górskich: w Sudetach, na Przedgórzu Sudeckim, Wyżynie Śląskiej i Krakowsko – Częstochowskiej, w Górach Świętokrzyskich, na Wyżynie Lubelskiej oraz w Karpatach. Masywy skalne poszczególnych regionów wykazują duże zróżnicowanie właściwości geologiczno – inżynierskich.
2. Do geotechnicznego opisu skał stosuje się normę PN EN ISO 14689-1 [84]. Oznaczanie skał, opis materiału skalnego oraz masywu skalnego wykonywane są na podstawie składu mineralogicznego, przeważającej wielkości ziaren, grupy genetycznej, systemu nieciągłości, zwietrzlenia i innych elementów. Opis wykonywany jest na rdzeniach i innych próbach skał oraz in situ na masywach skalnych. Uzupełnieniem opisu powinna być dokumentacja fotograficzna (ze skalą oraz skalą barw).
3. Oznaczenie skał oparte jest na określeniu następujących cech:
 - 1) grupa genetyczna (osadowe, metamorficzne, magmowe);
 - 2) struktura skały (warstwowana, foliacyjna, masywna);
 - 3) wielkość uziarnienia;
 - 4) skład mineralny;
 - 5) pustki.
4. W opisie materiału skalnego należy uwzględnić następujące cechy:
 - 1) barwę;
 - 2) wielkość ziaren;
 - 3) spoiwo;
 - 4) zmiany wietrzeniowe;
 - 5) zawartość węglanów;
 - 6) odporność materiału skalnego, odporność skały na rozmakanie;
 - 7) wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie (oszacowana w terenie);
5. Opis masywu skalnego obejmuje następujące cechy:
 - 1) rodzaj skały;
 - 2) struktura masywu;
 - 3) nieciągłości (upad i kierunek upadu, rozstaw nieciągłości, wymiar i kształt bloków skalnych, zasięg nieciągłości, szorstkość, rozwarcie nieciągłości, wypełnienie);
 - 4) zwietrzlenie masywu skalnego;
 - 5) zawodnienie;

6. W przypadku badań podłoża skalnego z zastosowaniem wierceń rdzeniowanych należy każdorazowo określić uzysk rdzenia, który określony jest trzema wskaźnikami (wg [78]):
- 1) **RQD** (ang. *Rock Quality Designation*) – wskaźnik spękania masywu – suma długości wszystkich odcinków rdzenia z przynajmniej jedną pełną średnicą, których długość wynosi 10 cm lub więcej, mierzona wzdłuż osi rdzenia, wyrażona w procentach;
 - 2) **SCR** (ang. *Solid Core Recovery*) – uzysk litego rdzenia – długość odcinków rdzenia w kształcie cylindrów, wyrażona w procentach;
 - 3) **TCR** (ang. *Total Core Recovery*) – całkowity uzysk rdzenia – całkowita długość uzyskanej próbki rdzenia, wyrażona w procentach.
7. Przykład oceny masywu skalnego na podstawie rdzenia wiertniczego przedstawia ZAŁĄCZNIK 10. Uzysk rdzenia powinien być określony w terenie bezpośrednio po wykonaniu wiercenia. Długość rdzenia powinna być mierzona wzdłuż osi rdzenia. W przypadku skał o niskiej wytrzymałości oraz teksturze łupkowej, które łatwo się kruszą i rozwarstwiają wskaźnik RQD może nie być określany.
8. Zakres badań polowych i geofizycznych dla skał przedstawia ROZDZIAŁ 4. Zakres badań laboratoryjnych wykonywanych dla skał (z podziałem na badania klasyfikacyjne, badania mające na celu oznaczenie parametrów geotechnicznych oraz przydatności) przedstawiony został w Tab. 5-1.

Tab. 5-1 Zestawienie metod badań laboratoryjnych skał wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie.

	Badania laboratoryjne	Wyniki badań i parametrów wyprowadzonych
Badania klasyfikacyjne	Wilgotność	- Wartość w
	Gęstość i porowatość	- Wartość ρ i n
	Badanie pod obciążeniem skupionym	- Wskaźnik wytrzymałości I_s50
	Ściskanie jednoosiowe i odkształcalność	- Wartość wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie σ_C - Wartość modułu odkształcenia (E) - Wartość współczynnika Poissona (ν)
Badania mające na celu oznaczenie parametrów geotechnicznych	Badanie bezpośredniego ścinania	- Krzywa naprężenie-odkształcenie - Wykres Mohra - c' , φ' - Parametry rezydualne
	Badanie brazylijskie	- Wytrzymałość na rozciąganie (σ_T)

	Badania laboratoryjne	Wyniki badań i parametrów wyprowadzonych
	Badanie trójosiowego ściskania	- Krzywa/krzywe naprężenie-odkształcenie - Ścieżka naprężeń - Koła Mohra - c' , φ' - Wartość modułu odkształcenia (E) i współczynnika Poissona (ν)
	Pęcznienie	- Wskaźnik odkształceń pęcznienia - Ciśnienie pęcznienia - Pęcznienie swobodne - Pęcznienie pod stałym obciążeniem
Badania przydatności	Odporność na rozdrabianie metodą Los Angeles	- współczynnik LA
	Mrozoodporność	- ocena wizualna - zmiany objętości - zmiany masy

9. Badania klasyfikacyjne dają niezbędną podstawę do opisu materiału skalnego. Wyniki badań klasyfikacyjnych (oznaczanie i opis skał, wilgotność, gęstość i porowatość, wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie) należy analizować łącznie ze sprawozdaniami z wierceń i badań geofizycznych, analizą fotografii rdzeni i doświadczeń porównywalnych.
10. Wyniki opisu skał oraz badań klasyfikacyjnych mogą zostać wykorzystane do oceny jakości masywów skalnych na potrzeby inżynierskie.
11. Klasyfikacja Bieniawskiego [18] w oparciu o wskaźnik jakości masywu (RMR) przedstawia ZAŁĄCZNIK 11. Ma ona zastosowanie w projektowaniu i budowie tuneli, ocenie stateczności skarp raz projektowaniu fundamentów. Klasyfikacja ta:
- 1) identyfikuje najbardziej znaczące parametry geologiczne wpływające na zachowanie masywów skalnych i wymaga, aby były one określone podczas rozpoznania geotechnicznego dla celów projektu inżynierskiego, jako minimalna ilość niezbędnych informacji geologicznych;
 - 2) przydziela im noty punktowe i łączy te wszystkie parametry – przyporządkowując im wartości liczbowe – dla wyrażenia ogólnej jakości warstwy skalnej oraz;
 - 3) wiąże wskaźnik jakości masywu RMR z jego właściwościami inżynierskimi używanymi do projektowania i konstrukcji poprzez oszacowanie jakości masywu, jego odkształcalności i wytrzymałości oraz wskazówek dotyczących obudowy i wzmocnienia masywu w tunelowaniu.

12. Niektóre rodzaje skał ekspansywny wykazują właściwości ekspansywne i należy wykonać badania określające ich potencjał pęcznienia zgodnie z Tab. 5-1. Pęczniące skały marglisto-wapienne występują głównie na obszarze Wyżyny Lubelskiej, w strefie przełomowego odcinka Wisły środkowej i północno-wschodniego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich.
13. Jednym z elementów, który należy uwzględnić w opisie materiału skalnego i masywu skalnego jest zwietrzenie. W skałach obserwuje się wyraźny profil wietrzeniowy. Miąższość zwietrzliny zależy głównie od: rodzaju skały macierzystej, warunków klimatycznych i czasu. W Polsce wietrzenie fizyczne przeważa nad wietrzeniem chemicznym, procesy wietrzenia przebiegają dość wolno a miąższość zwietrzliny osiąga często kilka metrów.
14. Zwietrzliny mają znacznie gorsze właściwości od niezmiennego podłoża. Aby ustalić profil wietrzeniowy należy uwzględnić następujące obserwacje:
- 1) zmiana koloru i tekstury;
 - 2) zmniejszenie gęstości objętościowej szkieletu gruntowego;
 - 3) zwiększenie nasiąkliwości;
 - 4) zmniejszenie zawartości węgla wapna;
 - 5) wzrost zawartości frakcji ilowej;
 - 6) zmniejszenie wytrzymałości na ścinanie.
15. Do wydzielenia poszczególnych stref profilu wietrzeniowego zaleca się stosować sześciostopniową skalę zwietrzenia masywu skalnego wg [84] lub klasyfikacje lokalne np. profil wietrzeniowy [42]. Porównanie tych dwóch klasyfikacji przedstawia ZAŁĄCZNIK 12.
16. Określenie profilu wietrzeniowego może być kryterium:
- 1) projektowania głębokości wykopu;
 - 2) projektowania nachylenia skarp;
 - 3) doboru metody wydobycia i wykorzystania urobku (w przypadku, gdy linia kolejowa przebiega w przekopie).
17. Należy również podać ocenę ilościową procesu wietrzenia wyrażoną przy pomocy wskaźników wietrzenia (w_{z1} , w_{z2}) [42]:

$$w_{z1} = \frac{\rho_{dzw}}{\rho_{dm}} \quad w_{z2} = \frac{\tau_m - \tau_{zw}}{\tau_m} \cdot 100$$

gdzie:

ρ_{dzw} - gęstość objętościowa szkieletu zwietrzliny (w poszczególnych strefach profilu), Mg/m^3

ρ_{dm} - gęstość objętościowa szkieletu gruntu macierzystego, Mg/m^3

τ_m - wytrzymałość na ścinanie gruntu macierzystego, kPa

τ_{zw} - wytrzymałość na ścinanie zwietrzliny (w strefach profilu), kPa

18. Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych dla skał silnie zwietrzałych, całkowicie zwietrzałych oraz gruntów rezydualnych należy przeprowadzić według norm jak dla gruntów, lecz w aparatach wielkoskalowych tak, aby spełniony był warunek z normy PN-EN 1997-2 [74] przedstawiony w Tab. 5-2.

Tab. 5-2 Dopuszczalny rozmiar cząstek w funkcji rozmiaru próbki do badań (H - wysokość próbki, d - średnica próbki) [74].

Rodzaj badania	Maksymalny rozmiar cząstki
Badanie edometryczne	H/5
Bezpośrednie ścinanie (aparat skrzynkowy)	H/10
Wytrzymałość na ściskanie (cylindryczna próbka z H/d = ok. 2)	d/5
Wodoprzepuszczalność	d/12

§ 27. Obszary występowania procesów osuwiskowych

1. Procesy osuwiskowe stanowią istotne zagrożenie dla projektowanych i modernizowanych obiektów infrastruktury kolejowej. Od ich poprawnego, wczesnego zidentyfikowania i szczegółowego zbadania (udokumentowania) zależy bezpieczeństwo realizacji inwestycji.
2. Zakres zniszczeń spowodowanych przez osuwiska jest znaczny i obejmuje straty materialne, funkcjonalne i społeczne. Obiekty infrastruktury kolejowej są szczególnie wrażliwe na miejscowe uszkodzenia (przerwanie ciągłości komunikacyjnej). Usunięcie skutków procesów osuwiskowych jest trudne technicznie, czasochłonne i pochłania znaczne koszty.
3. W obrębie procesów osuwiskowych wydzielamy następujące typy ruchów mas ziemnych [31]:
 - 1) zmywy;
 - 2) spływy, spęływania;
 - 3) osypy;
 - 4) zsuwy;
 - 5) osuwiska;
 - 6) obrywy.
4. Identyfikacja zagrożeń osuwiskowych jest szczególnie ważna na wstępnych etapach realizacji inwestycji. Wstępne dane dotyczące występowania na danym obszarze procesów osuwiskowych należy opisać i zawrzeć w studium geologiczno-inżynierskim. Wczesna identyfikacja zagrożeń osuwiskami umożliwia zaprojektowanie monitoringu na obszarze osuwiska w celu uwzględnienia danych monitoringowych w kolejnych etapach realizacji

inwestycji, zwłaszcza do projektowania zabezpieczeń zboczy, które powstają na skutek rozcięcia wzniesień przez projektowaną infrastrukturę kolejową.

5. Dane dotyczące procesów osuwiskowych, zebrane na etapie studium lub pochodzące z założonego monitoringu, należy wykorzystać w kolejnych etapach realizacji inwestycji. Jeśli takie dane nie były wcześniej dostępne lub nie były analizowane na etapie studium, należy je bezwzględnie zebrać w kolejnych etapach realizacji inwestycji oraz podczas dokumentowania warunków gruntowych. Celem zebrania danych o procesach osuwiskowych jest ich identyfikacja, udokumentowanie i wskazanie zagrożeń dla infrastruktury kolejowej w celu jej zabezpieczenia.
6. Obszary występowania procesów osuwiskowych klasyfikowane są jako skomplikowane warunki gruntowe według [61]. W zawiązku z tym na odcinkach osuwiskowych, obiekty infrastruktury kolejowej klasyfikuje się jako trzecia kategoria geotechniczna. Wiąże się to z koniecznością wykonywania dla tych obszarów, na etapie projektu budowlanego, opracowań geologiczno-inżynierskich, tj. projektu robót geologicznych [63] i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej [64] oraz prowadzenia monitoringu na etapie budowy i eksploatacji infrastruktury kolejowej.
7. Przy dokumentowaniu warunków geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych na obszarach objętych procesami osuwiskowymi należy rozróżnić:
 - 1) badania podłoża gruntowego zboczy istniejących wykopów,
 - 2) badania podłoża gruntowego obszarów objętych procesami osuwiskowymi, które uaktywniły się w trakcie eksploatacji infrastruktury kolejowej,
 - 3) badania podłoża gruntowego obszarów objętych procesami osuwiskowymi w przypadku przechodzenia przez nie nowej infrastruktury kolejowej,
 - 4) badania podłoża gruntowego zboczy w projektowanych wykopach.
8. Wytyczne nie obejmują badań dotyczących stateczności skarp projektowanych i modernizowanych nasypów kolejowych.
9. Identyfikację, udokumentowanie i opis procesów osuwiskowych należy przeprowadzić w pięciu etapach:
 - 1) etap I – identyfikacja procesów osuwiskowych;
 - 2) etap II – kartowanie geologiczno-inżynierskie;
 - 3) etap III – projektowanie prac i robót geologicznych;
 - 4) etap IV – wykonanie badań polowych i laboratoryjnych;
 - 5) etap V – opracowanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.
10. Pierwszy etap prac obejmuje identyfikację procesów osuwiskowych. W ramach prac w tym etapie należy skorzystać z dostępnych materiałów archiwalnych, przeanalizować dane teledetekcyjne (zdjęcia lotnicze, cyfrowe modele terenu, ortofotomapy) oraz przeprowadzić

wizję lokalną w rejonie inwestycji. Na tym etapie prac zaleca się skorzystać z następujących materiałów dotyczących osuwisk:

- 1) rejestr osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi prowadzony przez Starostów na mocy rozporządzenia [68];
 - 2) dane z projektu SOPO (System Osłony PrzeciwOsuwiskowej), dostępne na stronie osuwiska.pgi.gov.pl [87];
 - 3) Mapa obszarów predysponowanych do osuwisk w skali 1:50 000 dostępna na stronie osuwiska.pgi.gov.pl [87];
 - 4) Atlasy geologiczno-inżynierskie dostępne na stronie internetowej atlasy.pgi.gov.pl [90].
11. Na tym etapie prac zaleca się sporządzić mapę spadków na podstawie cyfrowych modeli terenu dostępnych w zasobach Głównego Geodety Kraju.
12. W efekcie prac w etapie I powinna powstać mapa z zaznaczonymi obszarami predysponowanymi do osuwisk i/lub osuwisk, która stanowi podstawę dla etapu drugiego.
13. W drugim etapie, na obszarze, gdzie spodziewamy się występowania procesów osuwiskowych, należy wykonać kartowanie geologiczno-inżynierskie. W ramach kartowania geologiczno-inżynierskiego należy wykonać następujące prace:
- 1) określić zasięg osuwiska lub terenu predysponowanego do osuwisk,
 - 2) wykonać pomiary nachylenia warstw (biegu i upadu),
 - 3) wyznaczyć spadki terenu,
 - 4) sprofilować odślonięcia,
 - 5) zinwentaryzować elementy tektoniki (uskoki, nasunięcia itp.),
 - 6) wskazać miejsca przejawów wód gruntowych (wysięki, podmokłości),
 - 7) zinwentaryzować uszkodzenia infrastruktury kolejowej oraz okolicznych zabudowań.
14. Efektem kartowania geologiczno-inżynierskiego powinna być m.in. mapa procesów geodynamicznych, na której zaznacza się wszystkie przejawy niekorzystnych zjawisk i procesów zaobserwowanych w terenie i stwierdzone na podstawie danych archiwalnych.
15. Następnie przystępujemy do etapu trzeciego, czyli zaprojektowania prac i robót geologicznych. Zalecany zakres prac i badań dla osuwisk przedstawia ZAŁĄCZNIK 18. Zakres niezbędnych parametrów do projektowania zabezpieczeń zbcoczy przedstawia ZAŁĄCZNIK 15. Efektem prac w etapie III powinien być projekt robót geologicznych. Zawartość projektu robót geologicznych określa rozporządzenie [63].
16. Po uzyskaniu prawomocnej decyzji zatwierdzającej projekt robót geologicznych można przystąpić do czwartego etapu prac, wykonania zaprojektowanych prac i robót geologicznych oraz badań laboratoryjnych. Informacje dotyczące zasad wykonywania prac i robót geologicznych oraz badań laboratoryjnych zawiera ROZDZIAŁ 4.

17. Po przeprowadzeniu zaprojektowanych prac i robót geologicznych oraz wykonaniu badań laboratoryjnych można przystąpić do etapu piątego, czyli opracowania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Zawartość dokumentacji geologiczno-inżynierskiej została omówiona na podstawie rozporządzenia [64].
18. Dodatkowo dokumentacja geologiczno-inżynierska dla osuwiska [35] lub terenu predysponowanego do osuwisk powinna zawierać:
- 1) informacje o sposobie użytkowania i stanie zagospodarowania terenu w otoczeniu osuwiska/terenu predysponowanego do osuwisk z uwzględnieniem obciążeń dodatkowych (nasypy, zwały, budowle), podcięć lub innych;
 - 2) ocenę dotychczas wykonanych prac i badań dla terenu osuwiska/terenu predysponowanego do osuwisk;
 - 3) rejestr uszkodzeń i zniszczeń obiektów budowlanych, w tym istniejącej infrastruktury kolejowej oraz elementów środowiska zlokalizowanych na osuwisku i w jego bezpośrednim sąsiedztwie;
 - 4) opis procesów geodynamicznych i antropogenicznych występujących na terenie osuwiska/terenie predysponowanym do osuwisk i w jego bezpośrednim sąsiedztwie wraz z oceną wpływu na rozwój procesów osuwiskowych;
 - 5) omówienie morfologii terenu, sieci hydrograficznej i dotychczas wykonanych badań w rejonie osuwiska/predysponowanym do osuwisk wraz z naniesieniem na mapę w skali dostosowanej do wielkości projektowanego zjawiska;
 - 6) model budowy geologicznej i opis warunków hydrogeologicznych na obszarze osuwiska/predysponowanym do osuwisk i w jego bezpośrednim sąsiedztwie;
 - 7) wyniki kartowania geologiczno-inżynierskiego na obszarze osuwiska/terenie predysponowanym do osuwisk i w jego bezpośrednim sąsiedztwie wraz ze szkicem osuwiskowych form morfologicznych z podaniem wymiarów;
 - 8) dokumentację punktów badawczych i obserwacji terenowych;
 - 9) klasyfikację typu formy osuwiskowej wraz z opisem procesu osuwiskowego;
 - 10) ocenę aktywności procesów osuwiskowych na obszarze ich wystąpienia i na terenach przyległych z charakterystyką faz rozwoju osuwiska;
 - 11) omówienie przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów i skał;
 - 12) ustalenie położenia pierwszego poziomu wód podziemnych, amplitudy wahań i położenia maksymalnego poziomu zwierciadła wody podziemnej na podstawie badań, wywiadu terenowego, analizy materiałów archiwalnych i innych danych;

- 13) charakterystykę agresywności wód podziemnych w stosunku do materiałów konstrukcyjnych;
 - 14) analizę wyników badań geofizycznych;
 - 15) charakterystykę wydzielonych na potrzeby sporządzania dokumentacji zespołów gruntów i skał (serii i warstw geologiczno-inżynierskich) wraz z oceną właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów i skał je tworzących dla potrzeb oceny obliczeń stateczności zboczy;
 - 16) obliczenia i ocena stateczności zboczy;
 - 17) kryteria doboru metod obliczeniowych stateczności zbocza;
 - 18) ocenę możliwości zabezpieczenia zboczy wraz ze wskazaniem kierunków doraźnego i docelowego zabezpieczenia obszaru objętego procesami osuwiskowymi;
 - 19) propozycje zagospodarowania terenu przekształconego procesami osuwiskowymi przy uwzględnieniu wysokości i kąta nachylenia zbocza;
 - 20) rodzaj zagrożeń geologicznych na etapie wykonywania prac zabezpieczających oraz w przypadku awarii;
 - 21) ocenę ryzyka geologicznego (prawdopodobieństwa) wystąpienia dalszych procesów osuwiskowych na dokumentowanym terenie;
 - 22) zalecenia do prowadzenia monitoringu obszaru objętego procesami osuwiskowymi i w uzasadnionych przypadkach terenów sąsiednich ze wskazaniem lokalizacji urządzeń pomiarowych.
19. Część graficzna dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, w zależności od potrzeb, powinna zawierać:
- 1) mapę przeglądową w skali 1:25 000 lub większej z lokalizacją dokumentowanego terenu;
 - 2) mapę dokumentacyjną z lokalizacją formy osuwiskowej lub terenu predysponowanego do osuwisk;
 - 3) mapę geologiczno-inżynierską obszaru osuwiska lub terenu predysponowanego do osuwisk w skali 1:500-1:5 000 wraz z zaznaczeniem osuwiskowych form morfologicznych i ich wymiarów;
 - 4) przekroje geologiczno-inżynierskie z zaznaczonymi elementami geometrii osuwiska;
 - 5) przekroje modelowe do obliczeń stateczności zboczy;
 - 6) przekroje geofizyczne.
20. Podczas całego procesu projektowania, budowy i eksploatacji infrastruktury kolejowej, która może być narażona na występowanie procesów osuwiskowych zaleca się prowadzić dokumentację cyfrową. Cyfrowa dokumentacja umożliwia:

- 1) integrację materiałów archiwalnych i dokumentacyjnych;
- 2) szybkość prowadzenia analiz;
- 3) obiektywizację analiz;
- 4) kompatybilność z systemami BIM;
- 5) ciągłą aktualizację danych;
- 6) możliwość korzystania za pośrednictwem Internetu z zasobów danych zewnętrznych (WMS, WFS).

21. W celu poprawnego udokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach objętych procesami osuwiskowymi zaleca się stosowanie poradnika pt.: „Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych” [35]. Poradnik dostępny jest na stronach internetowych Ministerstwa Środowiska [88] oraz Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB [89]. Poradnik podaje szczegółowy zakres badań dla obszarów zdegradowanych przez osuwiska.

§ 28. Obszary szkód górniczych

1. Szkodami górniczymi określa się ujemne skutki eksploatacji górniczej takie jak:
 - 1) osiadanie powierzchni terenu,
 - 2) uszkodzenia obiektów budowlanych, w tym liniowych,
 - 3) powstawanie szczelin, uskoków i zapadlisk,
 - 4) zmiana warunków hydrogeologicznych,
 - 5) wstrząsy górnicze podłoża.
2. Deformacje podłoża na terenach eksploatacji bez odpowiedniej podsadzki górniczej wpływają zasadniczo na ocenę ich przydatności do budownictwa oraz na istniejące budowle. Warunki wznoszenia i zachowania się obiektów zależą od budowy geologicznej oraz od sposobu wydobywania kopalin. Rozróżnia się 5 kategorii, z których I i II umożliwia budowę obiektów z niewielkimi lub umiarkowanymi zabezpieczeniami. Kategorie III i IV wymagają specjalnych, kosztownych zabezpieczeń i możliwości budowy są ograniczone. Tereny kategorii V zasadniczo nie nadają się do zabudowy. W przypadku deformacji nieciągłych numer kategorii uzupełnia się literą "a".
3. Istotne jest w badaniach geologiczno-inżynierskich obszarów górniczych uwzględnienie stanu tych terenów w przeszłości, obecnie na etapie badań oraz w przyszłości na podstawie prognozy rozwoju niecki osiadania (dane z kopalni).
4. W niecce osiadania można wyróżnić następujące obszary:
 - 1) obszar środkowy – równomierne obniżenie terenu, mało uciążliwe,
 - 2) strefa brzeżna wewnętrzna – obniżenie terenu nierównomierne, niebezpieczne dla
 - 3) obiektów budowlanych,

- 4) strefa brzeżna zewnętrzna – obniżenia terenu niewielkie, niebezpieczny dla budownictwa jest wpływ sił rozciągających.
5. Podczas badań ważne jest wydzielenie poszczególnych obszarów niecki osiadania i określenie nośności gruntów.
6. Parametrami definiującymi nieckę są: obniżenie w [m], przechylenie T [mm/m], krzywizna K [1/km] lub promień krzywizny $R = 1/K$ [km], przemieszczenie poziome u [m] oraz jednostkowe odkształcenie poziome ε [mm/m]: w części wklęsłej niecki spełzanie, w części wypukłej - rozpełzanie.
7. Badania podłoża na terenach górniczych o deformacjach ciągłych należy wykonywać analogicznie jak na terenach niegórnicych, natomiast na terenach o deformacjach nieciągłych powinny być uzupełnione badaniami specjalistycznymi. Rozpoznanie wstępne obejmuje analizę dokumentacji i planów eksploatacji górniczej, a zwłaszcza archiwalnych map płytkiej eksploatacji.
8. W badaniach podstawowych na terenach deformacji nieciągłych zaleca się stosowanie metod geofizycznych (grawimetrycznych, geoelektrycznych, sejsmicznych, radarowych, termicznych) do lokalizacji pustek poeksploatacyjnych i nieciągłości [40], [41], szczegółowo opisanych w § 19. Metody wykrywania pustek i nieciągłości nie są w pełni skuteczne. Przy małych rozmiarach pustki i dużej jej głębokości wykrycie jej jest trudne.
9. W miejscach wynikających z danych o płytkiej eksploatacji albo w narzuconej siatce wykonuje się wiercenia. Zasadnicze znaczenie ma określenie poziomu stropu warstw skalnych. Zastosowane badania powinny być dostosowane do lokalnych warunków i problemów geotechnicznych.
10. Zgodnie z rozporządzeniem [61] tereny górnicze zaliczane są do skomplikowanych warunków gruntowych i wymagane jest przyjęcie trzeciej kategorii geotechnicznej.
11. Podstawą oceny przydatności terenu do zabudowy i dalszego projektowania jest ekspertyza górnicza, w której są podawane kategoria oraz ekstremalne parametry deformacji górniczych podłoża, zgodnie z opinią właściwego okręgowego urzędu górniczego [40]. Ekspertyza powinna zawierać prognozę obniżenia terenu i zmian poziomu wód oraz drgań powierzchniowych powodowanych wstrząsami górniczymi.
12. Projekt geotechniczny opracowany na podstawie dokumentacji badań podłoża powinien zawierać specjalistyczne ekspertyzy górnicze i ewentualnie górniczo-konstrukcyjne określające warunki budowlane i potrzebne zabezpieczenia.

ROZDZIAŁ 6. Dokumentowanie badań

§ 29. Sposoby pozyskania danych

1. Dane do projektowania uzyskuje się poprzez:
 - 1) zebranie wszelkich dostępnych danych archiwalnych i kartograficznych;
 - 2) wykonanie badań na potrzeby realizacji projektowanej inwestycji.
2. **Dane archiwalne** uzyskuje się z archiwum inwestora oraz archiwów geologicznych (m in. z Narodowego Archiwum Geologicznego – NAG). Są to między innymi:
 - 1) archiwalne dokumentacje geologiczno-inżynierskie, geotechniczne, hydrogeologiczne, złożowe, badań geofizycznych, archiwalne wiercenia badawcze różnego typu;
 - 2) informacje pozyskane z banków danych i rejestrów prowadzonych przez instytucje i/lub organy państwowe np.: bank danych sieci NATURA 2000, bank danych bogactw mineralnych i rejestr obszarów górniczych MIDAS, centralna baza danych geologicznych CBDG, bazy danych geologiczno-inżynierskich BDGI, bazy danych na temat obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią OBZP, OKI, rejestr bezpośrednich zagrożeń szkodą w środowisku i szkód w środowisku, państwowy monitoring środowiska PMS, wykaz danych o środowisku i jego ochronie, dokumentacje mierniczo-geologiczne zlikwidowanych zakładów górniczych, wojewódzki bank zanieczyszczeń środowiska, publicznie dostępny wykaz danych o środowisku i jego ochronie, baza danych obiektów topograficznych BDOT, bank danych hydrogeologicznych CBDH;
 - 3) opracowania kartograficzne, w tym: przeglądowe i szczegółowe seryjne mapy geologiczne i geologiczno-inżynierskie oraz inne opracowywane przez organy i instytucje państwowe, mapy hydrogeologiczne, mapy geologiczno-gospodarcze/geośrodowiskowe, mapy sozologiczne, mapy terenów zdegradowanych i podwyższonego zagrożenia naturalnego, mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, mapy obszarów zagrożonych podtopieniami, mapy i szkice tektoniczne i geomorfologiczne, atlasy geologiczno-inżynierskie itp.;
 - 4) dane uzyskane z interpretacji danych teledetekcyjnych i fotogrametrycznych;
 - 5) mapy topograficzne i mapy do celów projektowych;
 - 6) dane uzyskane z wizji terenowej (weryfikacja danych archiwalnych, uzupełniające prace terenowe w tym kartowanie geologiczne, pomiary geodezyjne, pomiary poziomu wód gruntowych z uwzględnieniem zmian położenia ich zwierciadła, sondowania, obserwacje procesów geologicznych, pomiarów wód, wywiadów w terenie, itp.).

3. **Dane z badań na potrzeby realizacji inwestycji** pozyskuje się w wyniku prac i robót geologicznych oraz badań wykonywanych bezpośrednio w terenie i w laboratorium. Są to między innymi:
- 1) dane pozyskane w wyniku kartowania geologiczno-inżynierskiego i wizji terenowej,
 - 2) dane uzyskane z badań geofizycznych,
 - 3) dane pozyskane w wyniku robót górniczych (szurfy, szybiki, szyby, sztolnie),
 - 4) dane uzyskane z wierceń i obserwacji prowadzonych w trakcie wiercenia (postęp wiercenia, ucieczka płuczki itp.),
 - 5) dane uzyskane z sondowań różnego typu (statycznych, dynamicznych, ścinających, wkręcanych itp.),
 - 6) dane uzyskane z pobranych próbek gruntów i badań laboratoryjnych,
 - 7) dane uzyskane z badań środowiskowych (na terenach zdegradowanych).

§ 30. Sposoby interpretacji danych

1. Dane z wierceń badawczych, sondowań geotechnicznych i węzłów badawczych podlegają analizie, interpretacji i graficznej prezentacji. Uzyskany zbiór danych, należy zinterpretować, czyli objaśnić przypisując im znaczenie.
2. Interpretację danych należy odróżnić od analizy danych oraz prezentacji danych. Analiza danych to proces przetwarzania danych, prezentacja danych geologicznych to graficzne ich zobrazowanie np.: na przekroju, mapie, blokdiagramie, wykresie.
3. Zbiór danych pozyskanych w trakcie badań będzie zawierał różną liczbę danych, zarówno jakościowych jak i ilościowych. Wielkość zbioru danych, czyli liczba zgromadzonych danych zależy od etapu badań (np.: studium, projekt budowlany) oraz od rodzaju i skali inwestycji (np.: 1 km modernizowanej linii kolejowej lub 100 km projektowanej nowej linii kolejowej).
4. Przy interpretacji danych należy korzystać z:
 - 1) norm (stosowanie jednolitych norm umożliwia porównanie wyników badań),
 - 2) korelacji (nomogramy, wzory),
 - 3) klasyfikacji (np.: klasyfikacja gruntów),
 - 4) waloryzacji (np.: waloryzacja geologiczno-inżynierska w celu opracowania mapy rejonizacji geologiczno-inżynierskiej),
 - 5) kryteriów (rozumiane jako wymagania, które muszą być spełnione np.: wskaźnik zagęszczenia dla podłoża gruntowego),
 - 6) doświadczenia (np.: interpretacja układu warstw geologicznych, czyli opracowanie modelu geologicznego i przedstawienie go na przekroju geologicznym),
5. Interpretację danych można wykonywać automatycznie, półautomatycznie lub manualnie.

Interpretacji podlegają wszystkie dane, bez względu na ich rodzaj: jakościowe i ilościowe, archiwalne i własne. W przypadku danych geologicznych i geotechnicznych, które zebrano w trakcie wykonywania prac i badań dokumentacyjnych, interpretacji podlegają m.in:

- 1) dane z wierceń (interpretacja umożliwia np.: opis makroskopowy, klasyfikację gruntów, określenie genezy, podział na serie/warstwy geologiczno-inżynierskie i geotechniczne, klasyfikację i waloryzację wód podziemnych),
 - 2) dane z sondowań (interpretacja umożliwia np.: podanie wartości wyprowadzonych parametrów geotechnicznych, klasyfikację stanu gruntów, klasyfikację gruntów),
 - 3) dane z badań geofizycznych (interpretacja umożliwia np.: podział na warstwy litologiczne, podanie wartości wyprowadzonych parametrów geotechnicznych),
 - 4) dane z badań laboratoryjnych (interpretacja umożliwia np.: podanie wartości wyprowadzonych parametrów geotechnicznych, klasyfikację gruntów),
 - 5) dane teledetekcyjne (interpretacja umożliwia np.: klasyfikację spadków terenu, podział na jednostki geomorfologiczne),
 - 6) dane z kartowania (interpretacja umożliwia np.: objaśnienie na mapie zjawisk i procesów zaobserwowanych w terenie, waloryzację warunków geologiczno-inżynierskich).
6. Metody interpretacji danych należy opisać w opracowaniach końcowych tj. w studium, w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej oraz w dokumentacji badań podłoża gruntowego.
 7. Zaleca się również wskazanie w projekcie robót geologicznych spisu norm na podstawie których będą interpretowane dane w późniejszych etapach.
 8. Jeśli do interpretacji wykorzystujemy specjalistyczne oprogramowanie to należy podać jego nazwę oraz wersję.
 9. Jeśli do interpretacji wykorzystujemy normy, to należy podać numer normy, rok wydania oraz powołać się na punkt normy.
 10. W przypadku stosowania norm do wyznaczania parametrów geotechnicznych należy ograniczyć stosowanie normy [70] wyłącznie do prostych przypadków. Należy wykluczyć stosowanie jej w następujących przypadkach:
 - 1) obliczeń stateczności zboczy,
 - 2) projektowania i modernizacji infrastruktury kolejowej na odcinkach szczególnych (ROZDZIAŁ 5).
 11. Wymóg stosowania norm może wprowadzić jedynie zamawiający w umowie na realizację inwestycji. W innych przypadkach stosowanie norm jest dobrowolne, co wynika z ustawy o normalizacji [58].
 12. W przypadku stosowania korelacji do wyznaczania np.: wartości wyprowadzonych i charakterystycznych parametrów geotechnicznych, należy podać nomogram, wzór oraz wartości współczynników empirycznych. Współczynniki empiryczne należy podawać jako

liczby, a nie przedziały. Jeśli podajemy przedziały należy wyjaśnić, w jakim przypadku należy stosować daną wartość.

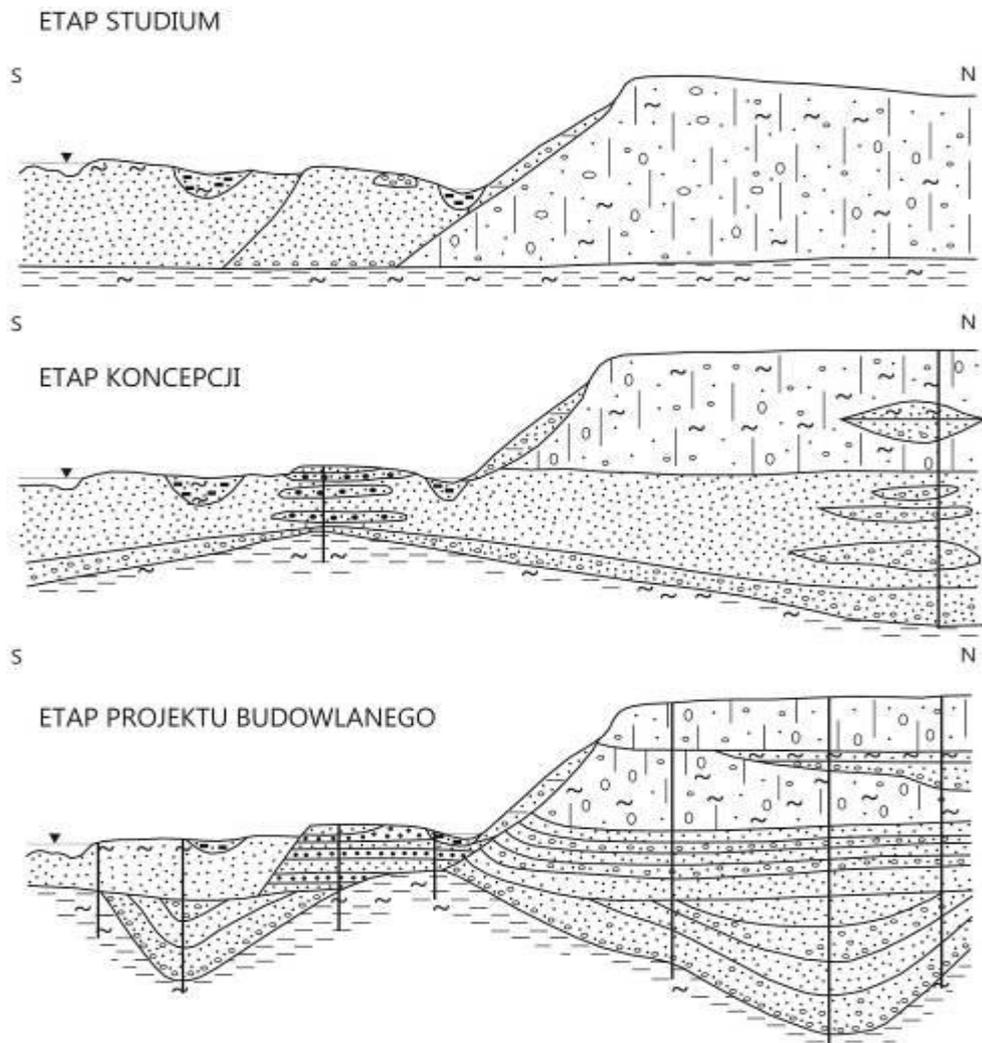
13. W przypadku stosowania klasyfikacji, kryteriów lub waloryzacji należy powołać się na pozycję literatury lub je szczegółowo opisać.
14. Podanie wyżej wymienionych informacji umożliwi kontrolę wykonanych prac oraz sprawdzenie poprawności wykonanych interpretacji.

§ 31. Sposoby prezentacji danych

1. W celu przejrzystej prezentacji zebranych w procesie dokumentowania danych (zarówno archiwalnych, jak i danych pozyskanych w trakcie poszczególnych etapów projektowania) należy opracować szereg załączników graficznych, w szczególności map i przekrojów geologiczno-inżynierskich, geofizycznych oraz kart z badań.
2. Przekroje geologiczno-inżynierskie lub geotechniczne należy opracować osobno dla trasy (podłużne i poprzeczne) i dla obiektów inżynierskich. Ich szczegółowość zależy od etapu projektowania. Ich zadaniem jest przede wszystkim przedstawienie modelu geologicznego o stopniu szczegółowości uzależnionym od etapu projektowania i posiadanych danych.
3. Przekroje należy prowadzić w zależności od liczby danych:
 - 1) jeden przekrój zgeneralizowany dla całej linii kolejowej lub jeden przekrój zgeneralizowany dla obiektu inżynierskiego na etapie studium;
 - 2) jeden przekrój podłużny dla każdego toru oraz przekroje poprzeczne na etapie projektowania i modernizacji;
 - 3) minimum jeden przekroju pod każdą podporę i przyczółek dla obiektu inżynierskiego na etapie projektowania i modernizacji.
4. **W fazie studium** przekroje geologiczno-inżynierskie powinny przedstawiać zgeneralizowany model budowy geologicznej przedstawiający w szczególności genezę i stratygrafię, litologię. W zależności od specyfiki terenu oprócz wymienionych wydzieleni, na przekroju należy również przedstawić:
 - 1) położenie zwierciadła wód gruntowych (również maksymalne i minimalne, jeśli znane),
 - 2) uskoki, formy tektoniczne, itp.
 - 3) zasięg stref osuwiskowych,
 - 4) stwierdzone pustki eksploatacyjne i krasowe,
 - 5) hałdy, zwałowiska, wysypiska i inne sztuczne formy morfologiczne,
 - 6) odcinki problemowe (szczególne).
5. **W fazie projektu budowlanego** przekroje geologiczno-inżynierskie powinny przedstawiać szczegółowy podział na warstwy geologiczno-inżynierskie/geotechniczne (serie litologiczno-genetyczne) wraz z ich charakterystyką właściwości fizyczno-mechanicznych. Dodatkowo

na przekroje należy nanieść wyniki sondowań lub/i badań geofizycznych. Każdy odcinek o odmiennych warunkach geologiczno-inżynierskich powinien podlegać oddzielnej charakterystyce z podaniem kilometrażu rozpatrywanego odcinka.

6. Należy podkreślić, że przedstawione w dokumentacjach opisy budowy geologicznej, warunków geologiczno-inżynierskich i prognoz zmiany środowiska inżyniersko-geologicznego wraz z ich graficznymi obrazami (tj. przekrojami, mapami, blokdiagramami) należy zawsze traktować jako modele, a nie dokładne odbicie rzeczywistości [16].
7. **W kolejnych etapach dokumentowania**, gdzie dostarczane są kolejne dane o podłożu, model należy uszczegóławiać. Ujawnia się to w konstruowaniu w kolejnych dokumentacjach dla tego samego obiektu coraz dokładniejszych modeli budowy geologicznej i modeli istniejących warunków inżyniersko-geologicznych i ich zmian w czasie (Rys. 6-1).



Rys. 6-1 Modele budowy geologicznej sporządzonych dla różnych stadiów projektowania i dokumentowania konkretnego obiektu inwestycyjnego [16].

Przedstawione powyżej kolejne przybliżenia to coraz bardziej prawdopodobne modele budowy geologicznej badanego terenu, opracowane w formie przekrojów geologicznych opracowanych na różnych etapach projektowania i dokumentowania konkretnego obiektu inwestycyjnego.

Przekroje te różnią się między sobą nie tylko zespołem danych zebranych w poszczególnych etapach projektowania, lecz także pokazują niewłaściwe interpretacje uzyskanych na danym etapie badań wyników, które w późniejszych etapach są korygowane.

8. Istotnym elementem opracowań geologicznych i geotechnicznych są mapy syntetyczne (najczęściej geologiczno-inżynierska lub warunków budowlanych), opracowane na podstawie sporządzonych map tematycznych.
9. Mapa tematyczna jest to mapa eksponująca w zależności od potrzeb i charakterystyki geologicznej badanego obszaru jedną lub kilka wybranych cech, zjawisk lub procesów tematycznie ze sobą powiązanych, tworzących informację na temat wybranego zagadnienia geologicznego.
10. Skala mapy wynikowej (np. geologiczno-inżynierskiej) zależy od etapu projektowania. Na etapie studialnym jest to 1:25 000 lub mniej, na etapie projektu budowlanego – 1:2 000 lub większa.
11. Zakres i tematyka map tematycznych powinna być uzależniona od specyfiki obszaru, dla którego sporządza się mapę wynikową. W zależności od specyfiki terenu (np. dolina rzeki, tereny górskie i podgórskie, wysoczyzna, tereny silnie zurbanizowane, obszary zboczy, obszary górniczo-przemysłowe) należy sporządzić takie mapy tematyczne, które pozwolą w pełni zobrazować wszystkie występujące na danym obszarze elementy środowiska geologicznego. W przypadku obiektów liniowych najczęściej przebiegają one przez wiele typów obszarów.
12. Przykłady map tematycznych obejmują opracowanie map: morfogenetycznej, geologicznej, hydrogeologicznej, zagrożeń naturalnych, spadków terenu oraz map dostosowanych do charakterystyki dokumentowanego obszaru, np.: mapy gruntów słabonośnych, mapy obszarów o wysokim ryzyku podtopień, mapy zagrożeń naturalnych, mapy prognozowanych deformacji górniczych, mapy miąższości gruntów organicznych/nasypowych, mapy stropu utworów danego typu, np. ilów plioceńskich itp. Powyższa lista nie obejmuje wszystkich możliwych typów map tematycznych, są to jedynie wybrane przykłady. Mapę taką należy opracować w buforze 1 km od osi projektowanej linii kolejowej.

§ 32. Zakres i zawartość studium geologiczno-inżynierskiego

1. Studium geologiczno-inżynierskie jest to opracowanie wykonywane jako rozpoznawczy etap z wykorzystaniem materiałów archiwalnych oraz danych uzyskanych w wyniku wizji terenowej, uzupełnionych badaniami polowymi, w szczególności geofizycznymi.

2. Studium geologiczno-inżynierskie powinno zawierać:
 - 1) informacje ogólne (inwestor, wykonawca, lokalizacja),
 - 2) ogólną charakterystykę inwestycji i jej podstawowych parametrów technicznych, ewentualnie wariantowego przebiegu itp.
 - 3) ogólną charakterystykę zagospodarowania terenu,
 - 4) zestawienie wykorzystanych materiałów archiwalnych,
 - 5) opis morfologii i hydrografii,
 - 6) opis budowy geologicznej,
 - 7) opis historii górniczej terenu (jeśli dotyczy),
 - 8) charakterystykę warunków hydrogeologicznych wraz z analizą potencjalnego zagrożenia środowiska wód podziemnych oraz oceną wpływu projektowanej inwestycji na wody podziemne,
 - 9) wyniki badań terenowych i laboratoryjnych,
 - 10) charakterystykę warunków geologiczno-inżynierskich wraz ze wstępną oceną przydatności gruntów pod realizację inwestycji i obiektów inżynierskich,
 - 11) charakterystykę warunków górniczych (jeśli dotyczy) wraz z przedstawieniem możliwych deformacji na podstawie informacji uzyskanych z kopalń,
 - 12) wskazanie odcinków problemowych i problemów i zagrożeń geologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, obszarów narażonych na powodzie i podtopienia, miejsc występowania gruntów problematycznych itp.
 - 13) wstępną ocenę stanu linii kolejowej i obiektów inżynierskich (dotyczy modernizacji),
 - 14) wstępne wnioski i zalecenia w szczególności ocenę podłoża pod kątem lokalizacji i możliwości modernizacji linii kolejowej, w przypadku wariantów – ich ocena i wskazanie najkorzystniejszego z punktu widzenia warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych.
3. Dodatkowo należy opracować następujące załączniki:
 - 1) mapę lokalizacyjną w skali 1:100 000 lub większej,
 - 2) mapę topograficzną w skali 1:25 000 lub większej z lokalizacją wykorzystanych badań archiwalnych,
 - 3) fragment mapy geologicznej, hydrogeologicznej, geologiczno-inżynierskiej, litologiczno-genetycznej, geologiczno-gospodarczej, geośrodowiskowej w skali 1:50 000 (jeśli dostępne) z naniesionym przebiegiem projektowanej/modernizowanej linii kolejowej,
 - 4) wybrane mapy tematyczne uzależnione od specyfiki obszaru w skali 1:25 000 lub większej (zgodnie z § 31),
 - 5) mapę zagrożeń górniczych (jeśli występują),

- 6) mapę zagrożeń naturalnych (jeśli występują),
 - 7) mapę złóż kopalin przydatnych dla budownictwa kolejowego,
 - 8) syntetyczne przekroje geologiczno-inżynierskie z zaznaczonymi głównymi obiektami/węzłami i niweletą trasy,
 - 9) karty wykorzystanych otworów archiwalnych i badań polowych (jeśli wykonywane),
 - 10) kopie pism z urzędów/przedsiębiorstw itp. mających znaczenie dla projektowanej inwestycji.
4. W ramach studium geologiczno-inżynierskiego mapy zaleca się opracowywać w buforze przynajmniej 1 km od osi linii kolejowej.

§ 33. Zakres i zawartość opinii geotechnicznej

1. Zgodnie z art 8 rozporządzenia [61] opinia geotechniczna powinna ustalać przydatność gruntów na potrzeby budownictwa oraz wskazywać kategorię geotechniczną obiektu budowlanego. Należy przyjmować, że poza obiektami zaliczonymi do pierwszej kategorii geotechnicznej jest to opracowanie wstępne służące danymi wystarczającymi na etapie prowadzenia prac koncepcyjnych. Praktyka wskazuje, że dla obiektów budowlanych pierwszej kategorii geotechnicznej, gdzie zgodnie z rozporządzenia [61] zakres badań geotechnicznych może być ograniczony do wierceń i sondowań. Informacja o podłożu w formie opinii geotechnicznej w 1. Kategorii może być wystarczająca na potrzeby projektu budowlanego.
2. W przypadku obiektów kategorii drugiej i trzeciej będzie to zwykle dokument, który opiera się o dane i badania archiwalne i prace studialne na podstawie, których planowany jest zakres badań ilościowych w oparciu o wstępną charakterystykę obiektu oraz stopień skomplikowania warunków gruntowo-wodnych. Przykład opinii geotechnicznej jako elementu wyjściowego do dalszego planowania badań przedstawia ZAŁĄCZNIK 13.

§ 34. Zakres i zawartość dokumentacji badań podłoża gruntowego

1. Dokumentacja badań podłoża (GIR).

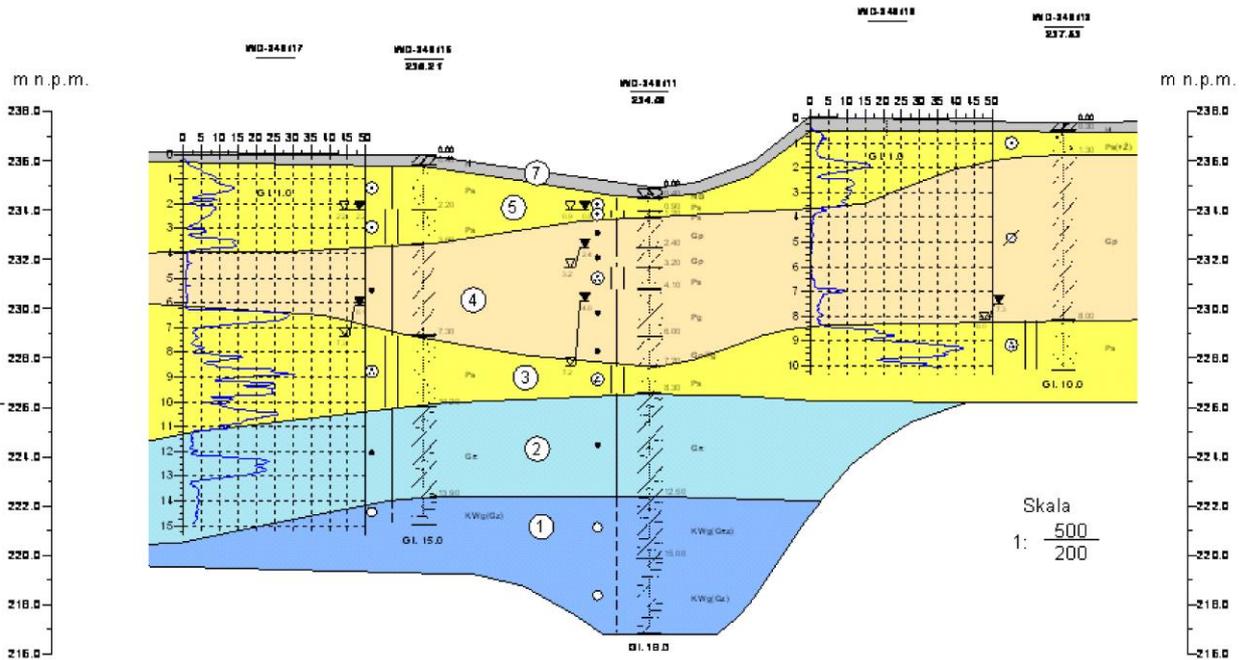
Dokumentacja badań podłoża powinna zawierać zestawienie wykonanych badań polowych i laboratoryjnych. Wymagania odnośnie dokumentacji badań podłoża zawiera [73] i są one następujące:

- 1) wyniki badań geotechnicznych należy zestawić w dokumentacji badań podłoża, która powinna stanowić część projektu geotechnicznego;
- 2) w dokumentacji należy podać informacje dotyczące stosowanych badań laboratoryjnych i polowych wykorzystanych do ustalenia parametrów geotechnicznych w nawiązaniu do EN 1997-2;
- 3) zaleca się, aby dokumentacja badań podłoża zawierała, w zależności od potrzeb:

- a) dostępne informacje geotechniczne, łącznie z cechami geologicznymi i odpowiednimi danymi,
 - b) geotechniczną ocenę danych, przedstawiającą założenia poczynione w czasie interpretacji wyników badań;
- 4) informacje te mogą być zawarte w jednym dokumencie lub jako oddzielne części;
- 5) prezentacja danych geotechnicznych powinna zawierać:
- a) zestawienie wszystkich wykonanych prac polowych i laboratoryjnych,
 - b) dokumentację metod stosowanych w badaniach polowych i laboratoryjnych;
- 6) dokumentację należy sporządzić na podstawie sprawozdań z poszczególnych badań, opisanych w EN 1997-2;
- 7) oprócz powyższego zaleca się, by dokumentacja obejmowała, w zależności od potrzeb:
- a) nazwiska wszystkich konsultantów i podwykonawców,
 - b) cel i zakres badań geotechnicznych,
 - c) daty przeprowadzonych prac polowych i laboratoryjnych,
 - d) wyniki wizji terenu budowy, uwzględniające w szczególności:
 - dane o wodach gruntowych,
 - zachowanie sąsiednich obiektów,
 - odsłonięcia w kamieniołomach i innych wyrobiskach,
 - obszary o naruszonej stateczności,
 - możliwe utrudnienia podczas wykonywania wykopów,
 - e) historię terenu,
 - f) geologię terenu, w tym występowanie uskoków,
 - g) dane geodezyjne,
 - h) informacje z dostępnych zdjęć lotniczych,
 - i) miejscowe doświadczenia z okolicznych terenów,
 - j) dane o sejsmiczności obszaru,
 - k) procedury zastosowane przy pobieraniu, transporcie i przechowywaniu próbek,
 - l) rodzaje używanego sprzętu polowego,
 - m) zestawienie ilościowe wykonanych prac polowych i laboratoryjnych, zestawienie obserwacji polowych wykonanych przez nadzorujących badania terenowe,
 - n) dane dotyczące wahań zwierciadła wody gruntowej: w otworach wiertniczych podczas wykonywania prac polowych i w piezometrach po zakończeniu prac polowych,
 - o) zestawienie profili otworów wiertniczych, dzienników wierceń, metryk otworów wiertniczych, łącznie z fotografiami rdzeni. Opisy formacji geologicznych, sporządzone na podstawie obserwacji terenowych i wyników badań laboratoryjnych,
 - p) określenie możliwości wystąpienia radonu (w miarę potrzeb),

- q) określenie wrażliwości gruntu na przemarzanie (w miarę potrzeb),
- r) pogrupowanie oraz przedstawienie wyników badań polowych i laboratoryjnych w załącznikach,
- s) przegląd badań terenowych i laboratoryjnych. Należy wykazać i odpowiednio skomentować wszelkie niedostatki w danych z badań (np. gdy są one niepełne, nieodpowiednie lub niedokładne). Podczas interpretacji wyników badań należy uwzględnić procedury pobierania próbek, transportu i składowania. Wszystkie szczególnie niekorzystne wyniki należy starannie rozważyć, aby stwierdzić, czy są one błędami, czy też przedstawiają stan faktyczny, który należy uwzględnić w projektowaniu,
- t) zestawienie wyprowadzonych wartości parametrów geotechnicznych,
- u) podanie propozycji dalszych prac terenowych i laboratoryjnych, z uzasadnieniem potrzeby takich dodatkowych prac. Propozycje należy uzupełnić szczegółowym programem badań, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zagadnienia, które te badania mają wyjaśnić.
- v) Ponadto zaleca się, by ocena danych geotechnicznych, jeśli to konieczne, zawierała:
- w) tabelaryczne zestawienie oraz graficzne przedstawienie wyników badań terenowych i laboratoryjnych w nawiązaniu do wymagań projektu,
- x) histogramy ilustrujące zakres zmienności wartości najważniejszych parametrów oraz ich rozkłady,
- y) głębokości zwierciadła wody gruntowej i jego sezonowe wahania,
- z) przekroje pokazujące układ warstw podłoża,
- aa) szczegółowe opisy wydzielonych warstw, łącznie z podaniem wyników badań cech fizycznych i właściwości mechanicznych (odkształcalności i wytrzymałości),
- bb) uwagi dotyczące nieregularności występujących w warstwach gruntowych, takich jak soczewki i kawerny,
- cc) zestawienie wyprowadzonych wartości danych geotechnicznych dla każdej warstwy.

Stwierdzenie, że dokumentacja badań podłoża stanowi część projektu geotechnicznego, należy rozumieć zgodnie ze schematem z załącznika krajowego [74] – patrz Rys. 1-1. Z tego schematu wynika, że jako wynik badań powstaje dokumentacja GIR, która dalej jest wykorzystywana do wykonania GDR. Rys. 6-2 przedstawia przykład z dokumentacji badań podłoża z wykonaną już interpretacją, przyjęciem modelu geologicznego i tabeli wartości wyprowadzonych dla stanów gruntu.



Warstwa geologiczno-inżynierska	Seria litologiczno-genetyczna (geneza)	Stratygrafia	Litologia	q_c [MPa]	Stan gruntu	
					przedział I_p/I_L [-]	wartość wyprowadzona I_{Dsr}/I_{Lsr} [-]
7	Mg	Qh	NB (Gp, Pg, Ps, Ż), PH, H	–	–	–
6	G	Qp	Gp. + KO	3 do 5	0,05 do 0,20	0,10
5	G	Qp	Ps. + Ż	5 do 26	0,30 do 0,70	0,50
4	G	Qp	Pg, Gp, G, Gπ, + Ż	1 do 2	0,30 do 0,50	0,40
3	G	Qp	Ps, + Ż	20 do 40	0,70 do 0,90	0,80
2	G	Qp	Pg, Π, Gπ	3 do 20	0,00 do 0,20	0,10
1	L	–	KWg (Gz, Gπz)	–	0,00	0,00

Rys. 6-2 Przykład przekroju z dokumentacji badań podłoża (GIR).

(Eurokod przewiduje możliwość – na etapie GIR – podawania danych bez określania wartości wyprowadzonych)

2. Model geologiczny gruntu powinien uwzględniać określone na podstawie literatury:

- 1) **wiek** (np. utwory mio-plioceniczne),
- 2) **genezę** (np. utwory jeziorzyskowe, spokojne środowisko sedymentacji z możliwymi chwilowymi przepływami),
- 3) **litologię** (np. iły, iły pylaste z przewarstwieniami pyłów, pyłów piaszczystych i piasków drobnych),
- 4) **diagenezę** (np. zaburzenia glacictektoniczne),
- 5) **obecną sytuację morfologiczną** (np. zróżnicowanie warunków występujących w masywie gruntowym, m.in. skarpa = odprężenie),
- 6) **warunki wodne**, w szczególności położenie pierwszego zwierciadła wód gruntowych występowanie warstw wodonośnych o charakterze napiętym w poziomie posadowienia.

3. Do informacji geologicznych, mających zwykle najistotniejszy wpływ na właściwości geotechniczne gruntów, należą litologia i geneza. Zestawienie stosowanych wydziałów genetycznych wraz z zalecanymi symbolami przedstawia ZAŁĄCZNIK 4.

4. Przy rozpoznawaniu podłoża przy głębokości od kilku do kilkunastu metrów mamy prostsze sytuacje, na przykład w dolinie są tylko grunty rzeczne, a na wysoczyźnie tylko plejstoceńskie utwory lodowcowe. Jako zasadę należy przyjąć, że warstwa geotechniczna powinna być zgodna z warstwą geologiczną (genetyczną). Dodatkowo przy dużej zmienności litologii, istotnej z punktu widzenia parametrów, można wydzielić warstwy geotechniczne zależne od litologii (np. FSa, siCl), które mogą należeć do jednej warstwy genetycznej. Czasami wydzielenie warstw geotechnicznych można dokonać na podstawie stanów lub oporów gruntów określonych z sondowań na podstawie np. oporów stożka (CPTU) czy sond dynamicznych (DP).

§ 35. Zakres i zawartość projektu geotechnicznego – zalecenia ogólne

1. W **projekcie geotechnicznym** [73], należy podać przyjęte założenia, dane, metody obliczeń oraz wyniki analizy stanów granicznych (bezpieczeństwa) i użyteczności. W projekcie geotechnicznym podaje się przyjęte założenia dotyczące podłoża, przytacza się zebrane i opracowane dane (GIR), podaje się metody analizy i uzyskane sprawdzenia. Zawartość projektu geotechnicznego podano w [73]. Oprócz danych dotyczących działań i warunków podłoża, w projekcie należy podać wartości obliczeniowe właściwości gruntów i skał, stwierdzenia dotyczące przydatności terenu do lokalizacji proponowanego obiektu i poziomu dopuszczalnego ryzyka, geotechniczne obliczenia projektowe i rysunki, zalecenia dotyczące projektowania fundamentów.
2. Projekty geotechniczne według Eurokodu 7 zawierają tylko sugerowane wymiary geotechniczne konstrukcji fundamentów. Ostateczne wymiary, zbrojenie i inne szczegóły konstrukcyjne projektuje konstruktor budowlany, który w świetle prawa przyjmuje pełną odpowiedzialność za bezpieczeństwo obiektu. W przypadku gdy projekt wykonawczy posadowienia wykonuje specjalistyczna firma fundamentowa, projekt geotechniczny (wykonawczy) przygotowuje zwykle w pełnym zakresie projektant z tej firmy. Należy zauważyć, że Eurokod 7 zakłada ciągłą współpracę geotechnika i konstruktora obiektu.
3. Norma [73] formalizuje również proces opracowywania projektu geotechnicznego, zakłada ustalenie granic dopuszczalnych zachowań konstrukcji, zobowiązuje do wykonywania kontroli oraz wykonania programu monitorowania, opracowania procedury reakcji na wykonane pomiary oraz planu działań interwencyjnych.
4. Wymagania dla projektu geotechnicznego, zgodnie z [73] są następujące:
 - 1) w projekcie geotechnicznym należy podać przyjęte założenia, dane, metody obliczeń oraz wyniki analizy bezpieczeństwa i użyteczności;

- 2) poziom szczegółowości projektu geotechnicznego różni się znacznie w zależności od rodzaju obiektu;
- 3) dokumentacja projektowa powinna zwykle obejmować następujące dane, z powołaniami na wyniki badań podłoża (zob. 3.4) i na inne dokumenty, które zawierają więcej szczegółów:
 - a) opis działki i jej otoczenia,
 - b) opis warunków podłoża,
 - c) opis planowanej budowli łącznie z oddziaływaniami,
 - d) wartości obliczeniowe właściwości gruntów i skał, a w razie potrzeby – łącznie z ich uzasadnieniem,
 - e) wykaz stosowanych norm i przepisów,
 - f) stwierdzenia dotyczące przydatności terenu do lokalizacji proponowanego obiektu i poziomu dopuszczalnego ryzyka,
 - g) wykonania geotechnicznych obliczeń projektowych i rysunków,
 - h) zaleceń dotyczących projektu fundamentów,
 - i) podania wykazu części konstrukcji, które mają być sprawdzane podczas budowy albo wymagają utrzymania lub monitorowania;
- 4) projekt geotechniczny powinien w razie potrzeby zawierać program nadzoru i monitorowania. Należy jednoznacznie określić elementy konstrukcji, które wymagają sprawdzenia w czasie budowy albo utrzymania po wybudowaniu. Jeżeli wymagane sprawdzenia zostały przeprowadzone podczas budowy, to ich wyniki należy opisać i dołączyć do dokumentacji.
5. W rozporządzeniu [61] określone zostały bardziej szczegółowe wymagania dla projektu geotechnicznego jeśli chodzi o jego zawartość merytoryczną. Projekt geotechniczny zgodnie z zapisami podanymi w rozporządzenia [61], które w tym punkcie odnosi się do Eurokodu 7 powinien zawierać:
 - 1) prognozę zmian właściwości podłoża gruntowego w czasie;
 - 2) określenie obliczeniowych parametrów geotechnicznych;
 - 3) określenie częściowych współczynników bezpieczeństwa do obliczeń geotechnicznych;
 - 4) określenie oddziaływań od gruntu;
 - 5) przyjęcie modelu obliczeniowego podłoża gruntowego, a w prostych przypadkach projektowego przekroju geotechnicznego;
 - 6) obliczenie nośności i osiadania podłoża gruntowego oraz ogólnej stateczności;
 - 7) ustalenie danych niezbędnych do zaprojektowania fundamentów;
 - 8) specyfikację badań niezbędnych do zapewnienia wymaganej jakości robót ziemnych i specjalistycznych robót geotechnicznych;

- 9) określenie szkodliwości oddziaływań wód gruntowych na obiekt budowlany i sposobów przeciwdziałania tym zagrożeniom;
 - 10) określenie zakresu niezbędnego monitorowania wybudowanego obiektu budowlanego, obiektów sąsiadujących i otaczającego gruntu, niezbędnego do rozpoznania zagrożeń mogących wystąpić w trakcie robót budowlanych lub w ich wyniku oraz w czasie użytkowania obiektu budowlanego.
6. Zgodnie z ust. 6 projekt geotechniczny powinien zawierać: obliczeniowe parametry geotechniczne i częściowe współczynniki bezpieczeństwa, obliczeniowy model (w prostych przypadkach przekrój geotechniczny) podłoża gruntowego, obliczenia nośności i osiadań oraz ogólnej stateczności podłoża gruntowego, określenie oddziaływań od gruntu i wody gruntowej oraz sposób przeciwdziałania, jak również określenie potrzeby i zakresu prowadzenia monitoringu obiektu budowlanego. Treść „Projektu geotechnicznego” mieści się zatem ogólnie w pojęciu „Geotechnicznych warunków posadowienia”, które obok dokumentacji geologiczno-inżynierskiej wymienione są w art. 34, ust. 4 Prawa budowlanego, jako niezbędne do uzyskania pozwolenia na budowę na podstawie projektu budowlanego. Natomiast projekty wykonania posadowień, zabezpieczania wykopów i wzmocnienia podłoża są stricte projektami geotechnicznymi.
 7. Projekty geotechniczne według EC 7 uwzględniają wszystkie takie decyzje do czasu zakończenia budowy i obejmują wszelkie związane dokumentacje, obliczenia, sprawdzenia oraz warunki techniczne monitorowania i wymagania utrzymania budowli”.
 8. Termin „design” występujący w Geotechnical Design Report (GDR) w zależności od kontekstu należy rozumieć, jako projektowanie, obliczanie lub wymiarowanie. Przyjmuje, że projektowanie konstrukcji to termin ogólny, obejmujący całość prac związanych z wykonaniem projektu budowli, czyli ustalenie koncepcji ustroju konstrukcyjnego, obliczenia i kształtowanie szczegółów konstrukcyjnych. Nie wszystkie decyzje wynikają tylko z obliczeń. Dużą rolę ma doświadczenie i intuicja inżynierska.
 9. Zwracamy szczególną uwagę na to, by nie traktować „projektu geotechnicznego” jako obliczanie i projektowanie fundamentów, lecz jako ocenę współpracy konstrukcji z podłożem Rys. 1-1.
 10. Opracowanie dobrego „projektu geotechnicznego” wymaga ścisłego stosowania procedur i zasad podanych w PN-EN 1997-1 i -2 oraz licznych normach, które stanowią otoczenie Eurokodu 7. Należą do nich procedury badań laboratoryjnych, polowych, klasyfikacje gruntów i skał. Mniejsze znaczenie na tym etapie mają normy wykonawcze, ważne przy realizacji robót budowlanych.

§ 36. Zakres i zawartość dokumentacji geologiczno-inżynierskiej

1. Dokumentację geologiczno-inżynierską opracowuje się dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich w związku z: projektowaniem posadowienia obiektów budowlanych, w tym obiektów budownictwa drogowego, dla potrzeb ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich ich posadowienia oraz prognozy zmian w środowisku na skutek ich realizacji i eksploatacji. Dokumentacja geologiczno-inżynierska powinna spełniać wymagania określone w rozporządzeniu [64], tj. zawierać:

1) część tekstową:

- 1) opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu;
- 2) ogólne informacje o dokumentowanym terenie dotyczące jego zagospodarowania i infrastruktury podziemnej;
- 3) informacje o wymaganiach techniczno-budowlanych i kategorii geotechnicznej projektowanej inwestycji;
- 4) opis budowy geologicznej z uwzględnieniem tektoniki, krasu, litologii i genezy warstw oraz procesów geodynamicznych, w szczególności wietrzenia, deformacji filtracyjnych, pęcznienia, osiadania zapadowego i procesów antropogenicznych;
- 5) opis właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów i skał;
- 6) opis warunków hydrogeologicznych;
- 7) ocenę warunków geologiczno-inżynierskich wraz z prognozą wpływu projektowanej inwestycji na środowisko gruntowo-wodne w podziale na odcinki o odmiennych warunkach geologiczno-inżynierskich;
- 8) informację o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji, oraz ich jakości;

2) część graficzną:

- 1) plan sytuacyjny sporządzony w skali od 1:500 do 1:2000 oraz mapę przeglądową z lokalizacją dokumentowanego terenu;
- 2) mapę dokumentacyjną sporządzoną na podkładzie map topograficznych z naniesionymi lokalizacją dokumentowanego terenu, liniami przekrojów geologiczno-inżynierskich i punktami badawczymi;
- 3) mapę geologiczno-inżynierską; mapy tej nie sporządza się w przypadku dokumentacji pojedynczych, niewielkich obiektów budowlanych;
- 4) tabelaryczne zestawienie wyników badań, a także wykresy uzyskane z badań uziarnienia, wytrzymałościowych i odkształceniowych oraz sondowań statycznych i dynamicznych;

- 5) przekroje geologiczno-inżynierskie z naniesionymi wykresami sondowań statycznych i dynamicznych;
 - 6) profile otworów wiertniczych, plany wyrobisk i odwzorowania ich ścian.
2. Dokumentacja geologiczno-inżynierska powinna być sporządzona zgodnie z § 23.1 rozporządzenia [64], tj. dla dokumentacji sporządzonej w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby posadawiania obiektów budowlanych inwestycji liniowych i zawierać:
- 1) dane umożliwiające wariantowe rozwiązanie przebiegu trasy projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej;
 - 2) opis badań wykonanych dla projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej lub etapu jego realizacji ustalonego w projekcie prac geologicznych lub projekcie robót geologicznych z uwzględnieniem niwelety trasy dla danego etapu projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej;
 - 3) charakterystykę dokumentowanego terenu dla danego etapu projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej obejmującą:
 - a) opis środowiska geologicznego,
 - b) analizę wyników przeprowadzonych badań geologiczno-inżynierskich,
 - c) opis zagospodarowania terenu i istniejących obiektów budowlanych,
 - d) wskazanie terenów niekorzystnych na potrzeby posadowienia odcinka trasy lub obiektu budowlanego inwestycji liniowej;
 - 4) przedstawienie występujących na trasie projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej i w jego sąsiedztwie zjawisk i procesów geodynamicznych, deformacji filtracyjnych i przekształceń antropogenicznych oraz ocenę wielkości wpływu tych procesów na realizację tego obiektu oraz kartę rejestracyjną osuwiska lub kartę rejestracyjną terenu zagrożonego ruchami masowym ziemi, o których mowa w przepisach w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi – jeżeli zostały opracowane;
 - 5) opis warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych, w tym poziomów wodonośnych, dynamiki wód i kontaktów hydraulicznych między nimi na trasie projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej i w jego sąsiedztwie:
 - a) charakterystykę wydzielonych zespołów gruntowych i skalnych, w tym serii litologiczno-genetycznych, oraz ocenę właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów tworzących te zespoły; określenie kierunków rekultywacji obszarów zmienionych antropogenicznie występujących na trasie projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej na podstawie badań lub materiałów archiwalnych,

- b) ocenę wpływu przebiegu trasy projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej na środowisko gruntowo-wodne, w szczególności ze względu na możliwe zagrożenia, w tym związane z podziemną eksploatacją kopalin i właściwościami filtracyjnymi gruntów; określenie przydatności gruntów z wykopów powstałych przy budowie obiektu budowlanego inwestycji liniowej do budowy nasypów tego obiektu;
- c) wskazanie odcinków trasy oraz obiektów budowlanych wymagających monitoringu ze względu na niekorzystne warunki geologiczno-inżynierskie;
- d) przekroje geologiczno-inżynierskie z naniesioną niweletą trasy projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej;
- e) mapę miąższości gruntów słabonośnych;
- f) mapę geologiczno-inżynierską obejmującą strefę wzdłuż trasy projektowanego obiektu budowlanego inwestycji liniowej o szerokości uzależnionej od występujących warunków geologicznych i przewidywanego wpływu tego obiektu na środowisko gruntowo-wodne; mapę obszarów zagrożonych podtopieniami sporządzoną na podstawie mapy podtopień, jeżeli została opracowana, lub na podstawie występowania obszarów bezodpływowych i roślinności bagiennej,
- g) karty otworów badawczych i sondowań.

ROZDZIAŁ 7. Kontrola i odbiór robót geologicznych i geotechnicznych

§ 37. Kontrola i nadzór inwestorski nad badaniami podłoża

1. Zadania nadzoru obejmują:
 - 1) opracowanie, we współpracy z jednostką projektującą obiekt, wymagań techniczno-budowlanych dotyczących badań podłoża; których zakres, rodzaj informacji i ustaleń zależy od etapu dokumentacji projektowej; wymagania powinny zawierać projektowaną lub przewidywaną lokalizację obiektu oraz strefę oddziaływania jego i na niego, niweletę trasy, usytuowanie i dane o konstrukcji obiektów inżynierskich oraz o instalacjach podziemnych;
 - 2) udział w procedurze przetargowej i ocenie ofert oraz zleceniu robót, a w przypadku potrzeby opracowanie wytycznych programowych z zakresu geologii;
 - 3) koordynację działania w terenie firm wykonujących badania podłoża;
 - 4) bieżące uzgodnienia i opiniowanie programów badań geotechnicznych;
 - 5) uzgodnienia i opiniowanie projektów badań (plany badań, projekty robót geologicznych) przed skierowaniem ich do organu zatwierdzającego;

- 6) kontrolę prowadzonych polowych badań podłoża, w szczególności przestrzegania projektu badań oraz przydatności przewidzianych badań w odniesieniu do napotkanych warunków podłoża, sporządzania dokumentacji badań, a także przestrzegania zasad ochrony wód gruntowych i likwidacji otworów;
 - 7) wnioskowanie lub opiniowanie korekt programów badań geotechnicznych, a także zmian zakresu badań geologiczno-inżynierskich w miarę wynikających potrzeb, w granicach upoważnień w decyzji o zatwierdzeniu projektu.
2. Zalecane jest stosowanie systemu kontroli jakości badań zgodnie z WT Id-3 [38]. W przypadku dużych zadań, zwłaszcza w trzeciej kategorii geotechnicznej, inwestor powołuje jednostkę lub eksperta ds. geologii i geotechniki do nadzoru merytorycznego i koordynacji badań podłoża.
 3. Wykonawca badań informuje jednostkę zlecającą lub nadzorującą badania o terminie rozpoczęcia i harmonogramie oraz lokalizacji prac terenowych.

§ 38. Odbiór wyników i dokumentacji

1. Kontrola i odbiór dokumentacji badań przez inwestora obejmuje zgodnie z [38]:
 - 1) kontrolę kompletności dokumentów;
 - 2) ocenę zgodności zrealizowanego zakresu badań z projektem lub programem oraz z niniejszymi Wytocznymi;
 - 3) ocenę poprawności rozpoznania istniejącego podłoża i podsypki i warunków prowadzenia robót;
 - 4) opiniowanie merytoryczne, w uzgodnieniu z projektantem, kompletności rozpoznania i wiarygodności wyników.
2. Zaleca się wykonanie audytu, obejmującego do 10% zakresu badań sprawdzających w wybranych lokalizacjach.
3. Szczegółowe wymagania dotyczące oceny danych geotechnicznych zawiera [74].

§ 39. Kontrola i monitorowanie warunków geotechnicznych podczas robót ziemnych i fundamentowych

1. Zgodnie z wymaganiami [74] należy podczas budowy i realizacji projektu sprawdzać, czy warunki w podłożu są zgodne z wynikami badań do celów projektowania oraz czy podłoże odpowiada założonym warunkom. W tym celu należy przeprowadzić, w miarę potrzeb, badania kontrolne i dodatkowe, w szczególności:
 - 1) sprawdzenie profilu podłoża w czasie wykonywania wykopu oraz stanu dna wykopu;
 - 2) pomiary poziomu wód gruntowych i ich wahań albo ciśnień wody porowej;
 - 3) pomiary zachowania się sąsiednich konstrukcji, infrastruktury lub robót budowlanych;
 - 4) pomiary zachowania się realizowanej konstrukcji.

2. Wyniki pomiarów kontrolnych należy opracowywać i porównywać z wymaganiami projektu. Na podstawie wyników należy podejmować decyzje realizacyjne.
3. Do kontroli osiadań podpór mostów i wiaduktów w trakcie ich budowy lub modernizacji na każdej podporze powinny być zamontowane co najmniej dwa repery oraz przeprowadzona niwelacja wzorcowa (wg [37]).

Załączniki do wytycznych badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i
modernizacji infrastruktury kolejowej

ZAŁĄCZNIK 1. Wybór metod badawczych w zależności od etapu projektowania

Eurokod 7 w załączniku B [74] podaje wybór metod badania podłoża w kolejnych etapach procesu projektowego – Tab. Z. 1-1. W środkowej kolumnie wskazano zakres metod w zależności od rodzaju podłoża (dawniej grunty spoiste i niespoiste) oraz od rodzaju posadowienia (pośrednie, bezpośrednie). Opisany w tabeli zakres metod może być modyfikowany dowolnie, natomiast podane zestawienia są najczęściej stosowane.

Tab. Z. 1-1 Przykład wyboru metod badania podłoża w kolejnych etapach.

Badania wstępne		Badania do celów projektowania budowlanego		Badania kontrolne	
Studia kameralne map topograficznych, geologicznych i hydrogeologicznych. Interpretacja zdjęć lotniczych. Archiwa. Wizja lokalna.	Grunt drobnoziarnisty	Wstępny wybór metody posadowienia	Fundamenty palowe SS, CPT, DP, SPT lub SR Pobieranie prób (PS, OS, CS) FVT, PMT, GWC (PIL)	Ostateczny wybór metod posadowienia	Fundamenty palowe PIL, Próbné obciążenie wciskanego pała Pomiary fali naprężeń GWC, osiadania Inklinometry
	CPT, SS, DP lub SPT Pobieranie prób (PS, TP, CS, OS), PMT, GW		Fundamenty bezpośrednie SS lub CPT, DP, pobieranie prób (PS, OS, CS, TP), FVT, DMT lub PMT, BJT, GW		Projekt wykonawczy
	Grunt gruboziarnisty	Wstępny wybór metody posadowienia	Fundamenty palowe CPT, DP lub SPT Pobieranie prób (PS, OS, AS) FVT, DMT, GWO, (PIL)	Ostateczny wybór metody posadowienia	Fundamenty palowe PIL, Próbné obciążenie wciskanego pała Pomiary fali naprężeń GWC, osiadania Inklinometry
	SS, CPT, DP lub SPT, SR Pobieranie prób (AS, OS, SPT, TP), PMT, DMT, GW		Fundamenty bezpośrednie CPT + DP, SPT pobieranie prób (PS, OS, AS, TP) możliwe PMT, BJT, lub DMT, (PLT), GWO		Projekt wykonawczy
			Fundamenty palowe lub bezpośrednie SR łącznie z MWD, kartowanie spękań, w TP, CS, RDT (PMT BJT w zwietrzałych skałach), GWO		Fundamenty palowe Sprawdzenie kontaktu między podstawą pała a powierzchnią skały Sprawdzenie spękań na powierzchni skały. Wysięki wody Fundamenty bezpośrednie Sprawdzenie nachylenia i spękań na powierzchni skały

Tab. Z. 1-2 Przykład wyboru metod badania podłoża w kolejnych etapach.

BADANIA DO PROJEKTOWANIA					
<i>GRUNTY SPOISTE</i>		<i>GRUNTY NIESPOISTE</i>		<i>SKAŁY</i>	
Fundamenty na palach	Fundamenty bezpośrednie	Fundamenty na palach	Fundamenty bezpośrednie	Fundamenty na palach	Fundamenty bezpośrednie
SS, CPT, DP, SPT lub SR Pobieranie próbek (PS, OS CS) FVT, PMT, GWC, PIL	SS lub CPT, DP Pobieranie próbek (PS, OS, CS, TP) FVT, DMT, lub PMT, GW	CPT, DP, lub SPT Pobieranie próbek (PS, OS, AS) PMT, DMT, GWO, PIL	CPT+DP, SPT Pobieranie próbek (PS, OS, AS, TP) Możliwość PMT, lub DMT, (PLT) GWO	SR Mapa szczelin w TP, CS, RDT (PMT w zwierzętych skałach) GWO	

ZAŁĄCZNIK 2. Zalecenia do badań kontrolnych podczas realizacji inwestycji

Tab. Z. 2-1 Sposób i częstotliwość badań przy odbiorze wykopów fundamentowych.

Rodzaj badania	Metoda	Liczba punktów badawczych
Sondowanie głębokie do 10 m*	DPH / DPSH	1 pkt/1500 m ²
Sondowanie płytkie/wiercenia do 3 m	DPL	1 pkt/1000 m ²
Kontrola zagęszczenia powierzchniowej warstwy (0 ÷ 1 m)	VSS	1 pkt/1500 m ²
	Płyta dynamiczna	9 pkt/1500 m ²

* - lub w zależności od obiektu i zasięgu jego oddziaływania

Tab. Z. 2-2 Sposób i częstotliwość badań gruntów przy odbiorze gruntów wbudowywanych.

Rodzaj badania	Metoda	Liczba punktów badawczych
Sondowanie płytkie *	DPL	1 pkt/1500 m ²
Kontrola zagęszczenia wbudowywanej warstwy (0,3-0,5 m)	VSS	1 pkt/1500 m ²
	Płyta dynamiczna	9 pkt/1500 m ²

*- w zależności od miąższości wbudowanych warstw nasypu, jako końcowe badanie odbiorcze.

Zgodnie z wieloletnią praktyką w stosowaniu normy [77] w przypadku, gdy w strefie występowania zwierciadła wody gruntowej piaski są w stanie średniozagęszczonym należy skorygować uzyskane liczby uderzeń na 0,1 m lub 0,2 m zagłębienia sondy. W przedziale głębokości 1 m powyżej i od 2 m do 3 m poniżej zwierciadła wody zarejestrowane liczby uderzeń należy zwiększyć o 50 % i dopiero określić stopień zagęszczenia.

Wyniki sondowania można interpretować dopiero od tzw. głębokości krytycznej (t_c), która dla sondy DPL–10 wynosi $t_c = 0,6$ m, dla sond DPM–30 i DPH–50 wynosi $t_c = 1,0$ m, a dla sondy DPSH–63,5 $t_c = 1,5$ m.

Norma PN-EN [74] w załączniku G podaje również wykresy interpretacyjne dla sondowań dynamicznych, gdzie dodatkowo wykresy interpretacyjne są uzależnione od wskaźnika jednorodności uziarnienia (C_u) oraz położenia zwierciadła wody gruntowej. Dobór metody (wykresu) interpretacyjnej jest sprawą otwartą, która powinna wynikać z doświadczeń lokalnych i w odniesieniu do analizowanego materiału.

Lokalne doświadczenia [33] pozwoliły na określenie zależności I_s od I_D , którą można przyjmować wg zależności (dla sondy DPL):

$$I_s = \frac{0,818}{0,958 - 0,174 I_D}$$

ZAŁĄCZNIK 3. Oznaczanie gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006

Tab. Z. 3-1 Oznaczanie gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-1 i -2 [80] [81].

Grupa gruntów	Fracja główna	Wymiar frakcji	Identyfikacja	Fracje drugorzędne Przewarstwienia	Barwa	Plastyczność/ Konsystencja	Kształt ziaren	Geneza	Dodatkowe informacje
bardzo gruboziarniste	głazy Bo	200 mm	głazy i kamienie ważą więcej niż pozostały grunt, większość ziaren i cząstek jest >200 mm	<p><u>Fracje drugorzędne</u> - nie określają właściwości inżynierskich gruntów, lecz mają na nie wpływ.</p> <p>Opisywane są ze spójnikiem „z”. W symbolu gruntu zapisywane są przed frakcją główną, małymi literami np. saCl – il z piaskiem, grSa – piasek ze żwirem, orsaSi – pył z piaskiem i organiką.</p> <p><u>Przewarstwienia</u> - wymienia się po frakcji głównej, małymi podkreślonymi literami np. saCl_{si} – il z piaskiem przewarstwiony pyłem.</p>	barwę określa się na świeżo odsoniętej powierzchni próbki		<p><u>Ostrość krawędzi – stopień obtoczenia</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Bardzo ostrokrawędzisty - Ostrokrawędzisty - Słabo ostrokrawędzisty - Słabo obtoczony - Obtoczony - Dobrze obtoczony <p><u>Forma</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sześcienna - Płaska - Wydłużona <p><u>Charakter powierzchni</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Szorstka - Gładka 	<p>Mg – grunty antropogeniczne</p> <p>M - grunty morskie</p> <p>R – grunty rzeczne</p> <p>R_{CH} – korytowe</p> <p>R_{FP} – tarasów zalewowych</p> <p>R_T – tarasów nadzalewowych</p> <p>R_D – deltowe</p> <p>L – grunty jeziorne</p> <p>O - grunty organiczne</p> <p>O_R – organiczne rzeczne</p> <p>O_S – organiczne bagienne</p> <p>O_L – organiczne jeziorne</p> <p>O_H – organiczne zastoiskowe</p> <p>E – grunty eoliczne</p> <p>E_D – grunty w wydmach</p> <p>E_L – lessy i utwory lessopodobne</p> <p>GL – grunty lodowcowe</p> <p>GL_M – morenowe</p> <p>GL_F – fluwioglacjalne</p> <p>GL_H – zastoiskowe</p> <p>W – zwietrzliny</p>	<p><u>Zawartość substancji organicznej</u> (specyficzny zapach, barwa)</p> <p><u>Struktura gruntu</u> (nieciągłości, warstwowania)</p> <p><u>Wilgotność:</u> su - suchy mw - mało wilgotny w - wilgotny m - mokry nw - nawodniony</p> <p><u>Skład mineralny</u></p> <p><u>Zawartość węglanów</u> grunt bezwapnisty (0) grunt wapnisty (+) grunt silnie wapnisty (++)</p> <p><u>Zapach</u></p> <p><u>Nazwa lokalna</u></p>
	kamienie Co	63 mm	głazy i kamienie ważą więcej niż pozostały grunt, większość ziaren i cząstek jest <200 mm						
gruboziarniste	żwir Gr	2 mm	głazy i kamienie ważą mniej niż pozostały grunt, wilgotny nie zachowuje formy bryłkowej, większość ziaren i cząstek jest >2 mm		zaleca się stosowanie wzorcowej skali barw (<i>Munsell soil color charts</i>)	<p><u>Plastyczność</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - mała - próbka wykazuje spójność lecz nie można z niej wykonać waleczka o średnicy 3 mm - duża - próbkę można waleczkować do uzyskania cienkich waleczków <p><u>Konsystencja</u></p>			
	piasek Sa	0,063 mm	głazy i kamienie ważą mniej niż pozostały grunt, wilgotny nie zachowuje formy bryłkowej, większość ziaren i cząstek jest <2 mm						
drobnoziarniste	pył Si	0,002 mm	wilgotny zachowuje formę bryłkową, wykazuje małą plastyczność, małą wytrzymałość gruntu suchego, dylatancję, rozpada się w wodzie, szybko wysycha						

Grupa gruntów	Fracja główna	Wymiar frakcji	Identyfikacja	Fracje drugorzędne Przewarstwienia	Barwa	Plastyczność/ Konsystencja	Kształt ziaren	Geneza	Dodatkowe informacje
	il CI		wilgotny zachowuje formę bryłkową, wykazuje dużą plastyczność, dużą wytrzymałość gruntu suchego, brak dylatacji, próbka o naturalnej wilgotności przecięta nożem ma połysk, przykleja się do palców			<ul style="list-style-type: none"> - bardzo miękkoplastyczna (grunt wydostaje się pomiędzy palcami przy ścisnaniu) - miękkoplastyczna (grunt można formować przy lekkim nacisku palców) - plastyczna (grunt nie może być formowany przy lekkim nacisku palców, lecz może być waleczkowany w rękę do waleczka o średnicy 3 mm bez spękań i rozdrabniania się) - twaroplastyczna (grunt rozpada się i pęka podczas waleczkowania do waleczka o średnicy 3 mm, lecz jest ciągle dostatecznie wilgotny, aby ponownie uformować z niego kulkę) - zwarta (grunt jest wysuszony, najczęściej ma jasną barwę. Nie można z niego uformować kulki, rozdrabnia się pod naciskiem. Można go zarysować paznokciem) 		<p>W_X – jeśli to możliwe literę X w indeksie dolnym należy zastąpić symbolem skały lub gruntu</p> <p>W_{RU} – rumosze</p> <p>W_{RUX} – jeśli to możliwe literę X w indeksie dolnym należy zastąpić symbolem skały, z której powstał rumosz</p> <p>W_{RE} – rezidua</p> <p>D – deluwia</p> <p>C – koluwia</p>	

ZAŁĄCZNIK 4.

Klasyfikacja gruntów zgodnie z PN-EN ISO 14688-2:2006

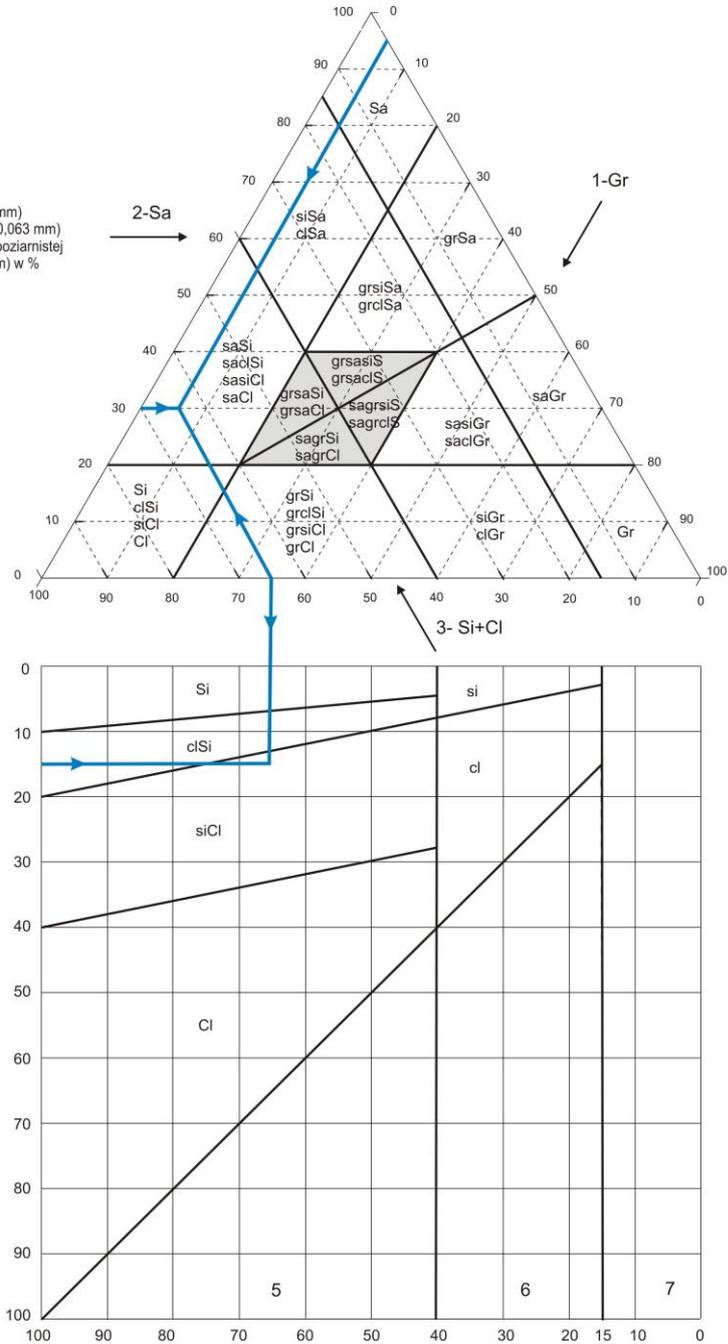
Objaśnienia:

- 1 zawartość żwiru (od 2 mm do 63 mm)
- 2 zawartość piasku (od 0,063 mm do 2 mm)
- 3 zawartość frakcji drobnoziarnistych (<0,063 mm)
- 4 stosunek masy iltu do masy frakcji gruboziarnistej i drobnoziarnistej (wymiar ziaren <63 mm) w %
- 5 grunty drobnoziarniste (pył i ilt)
- 6 grunty o mieszanym uziarnieniu (pyłaste lub ilaste żwiry i piaski)
- 7 grunty gruboziarniste (żwiry i piaski)
- S grunt

- Przykład:**
 a - Gr= 5%
 b - Sa= 30%
 c - Si+Cl=75%
 d - Ci=15%

Nazwa gruntu: **sasiCl**

4-Cl →



Rys. Z. 4-1 Klasyfikacja gruntów na podstawie składu granulometrycznego.

Tab. Z. 4-1 Klasyfikacja gruntów na podstawie parametrów uziarnienia [81].

Charakterystyka uziarnienia	Wskaźnik jednorodności C_u	Wskaźnik krzywizny C_c
<i>grunt wielofrakcyjny</i>	> 15	1 - 3
<i>grunt średnioziarniony</i>	6 - 15	< 1
<i>grunt równomiernie uziarniony</i>	< 6	< 1
<i>grunt o nieciągłym uziarnieniu</i>	Przeważnie wysoki	Różny (przeważnie < 0,5)

Tab. Z. 4-2 Klasyfikacja gruntów gruboziarnistych na podstawie stopnia zagęszczenia [81].

Określenie zagęszczenia	Stopień zagęszczenia I_D [%]
<i>Bardzo luźne</i>	0 - 15
<i>Luźne</i>	15 - 35
<i>Średnio zagęszczone</i>	35 - 65
<i>Zagęszczone</i>	65 - 85
<i>Bardzo zagęszczone</i>	85 - 100

Tab. Z. 4-3 Klasyfikacja gruntów na podstawie wytrzymałości na ścinanie gruntów drobnoziarnistych w warunkach bez odplywu [81].

Określenie wytrzymałości	Wytrzymałość na ścinanie bez odplywu c_u [kPa]
<i>Nadzwyczaj mała</i>	< 10
<i>Bardzo mała</i>	10 - 20
<i>Mała</i>	20 - 40
<i>Średnia</i>	40 - 75
<i>Duża</i>	75 - 150
<i>Bardzo duża</i>	150 - 300
<i>Nadzwyczaj duża</i>	> 300

Tab. Z. 4-4 Klasyfikacja gruntów drobnoziarnistych na podstawie wskaźnika konsystencji I_c [81].

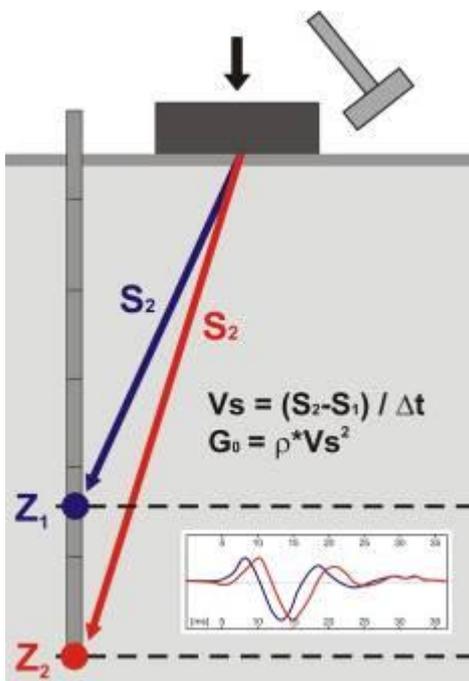
Określenie konsystencji	Wskaźnik konsystencji I_c
<i>Bardzo miękkoplastyczna</i>	< 0,25
<i>Miękkoplastyczna</i>	0,25 - 0,50
<i>Plastyczna</i>	0,50 - 0,75
<i>Twardoplastyczna</i>	0,75 - 1,00
<i>Zwarta</i>	> 1,00

ZAŁĄCZNIK 6. Wybrane specjalistyczne badania polowe

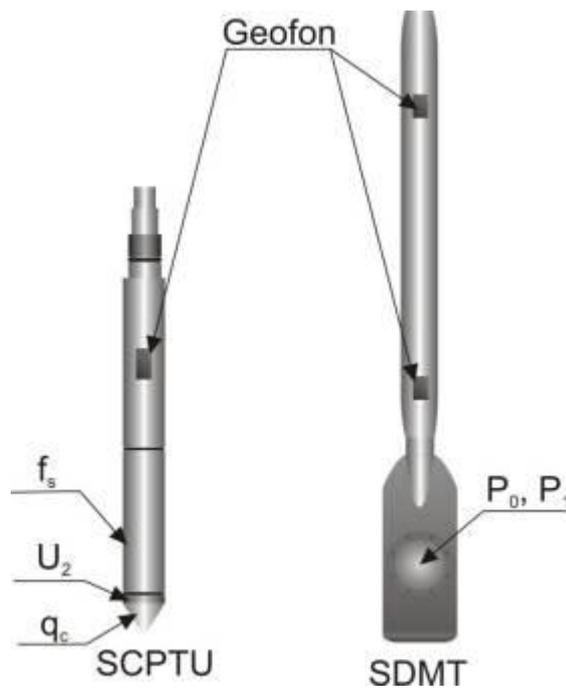
Sondowanie statyczne lub dylatometryczne z końcówką sejsmiczną (SCPT/SCPTU, SDMT)

Wyposażenie sondy statycznej w geofony nadawcze i odbiorcze pozwala dodatkowo (oprócz standardowego badania CPT/CPTU) mierzyć prędkość rozchodzenia się fal ścinających (Rys. Z. 6-1). Badanie wykonuje się po zatrzymaniu sondowania na określonej głębokości. Na podstawie pomiarów określa się prędkość rozchodzenia się fali pomiędzy powierzchnią, a geofonem umieszczonym w końcówce (Rys. Z. 6-1). Stożki wyposażone są w pojedynczy lub podwójny zestaw czujników. W podobny sposób zmodyfikowany został dylatometr (Rys. Z. 6-2). Do zestawu dołączono końcówkę z dwoma geofonami umieszczoną tuż nad łopatką. Badanie przebiega podobnie jak badanie dylatometryczne, z tym, że co 1 m dokonuje się pomiaru czasu propagacji fali od nadajnika na powierzchni do dwóch odbiorników.

Badania sejsmiczne pozwalają na wyznaczenie profilu sztywności gruntu w funkcji modułu ścinania (G_0) i jak wynika z badań dobrze korelują się z wynikami badań uzyskanymi klasycznymi metodami geofizycznymi.



Rys. Z. 6-1 Schemat pomiaru prędkości fali poprzecznej.

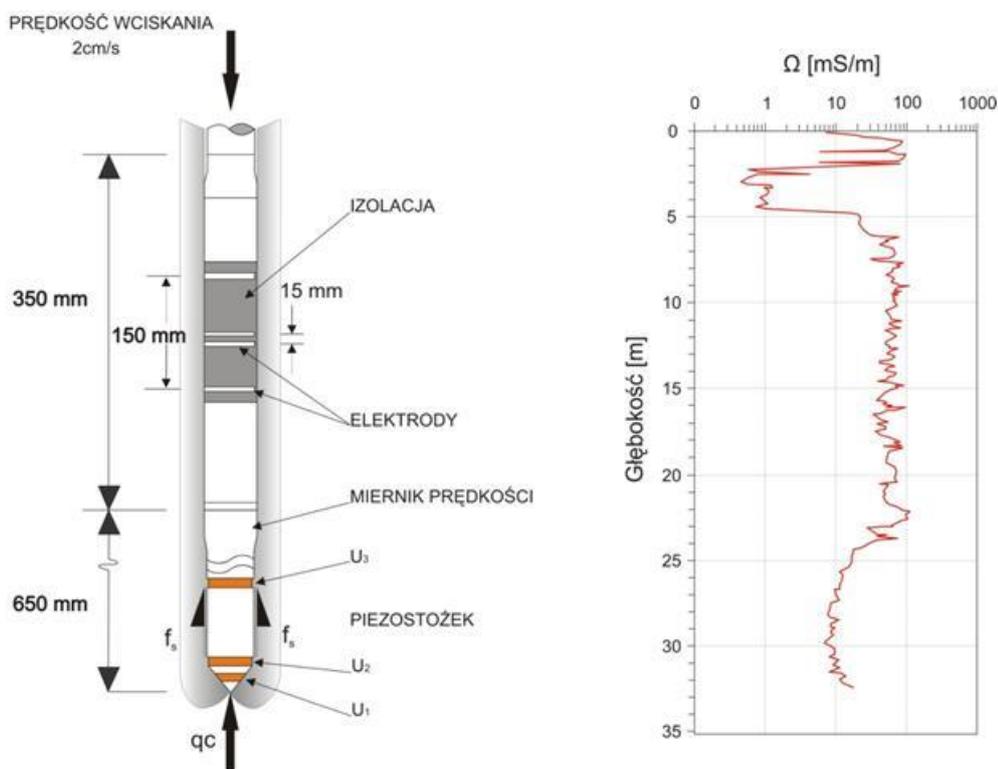


Rys. Z. 6-2 Przykłady końcówek sejsmicznych [35].

Sondowanie statyczne końcówką opornościową (RCPTU/CCPTU)

Wyposażenie końcówki CPTU w dodatkowy moduł z elektrodami (RCPTU/CCPTU) do pomiaru napięcia pomiędzy nimi pozwala na wyznaczenie oporności i przewodności elektrolitycznej gruntu, przez który przepływa prąd zmienny o dużej częstotliwości. Badania te mają szczególne zastosowanie na terenach zanieczyszczonych chemicznie, gdyż pozwalają szybko wytypować

obszary o anomalnych wartościach przewodności w stosunku do tła. Wówczas w miejscach tych można zaprogramować bardziej szczegółowe badania z poborem próbek gruntu/wody do badań chemicznych. Przykład sondy CCPTU/RCPTU (typ UBC - *University of British Columbia*) wraz z profilem oporności podłoża przedstawiono na Rys. Z. 6-3.



Rys. Z. 6-3 Przykład końcówki CCPTU/RCPTU wraz z przykładowym profilem oporności [35].

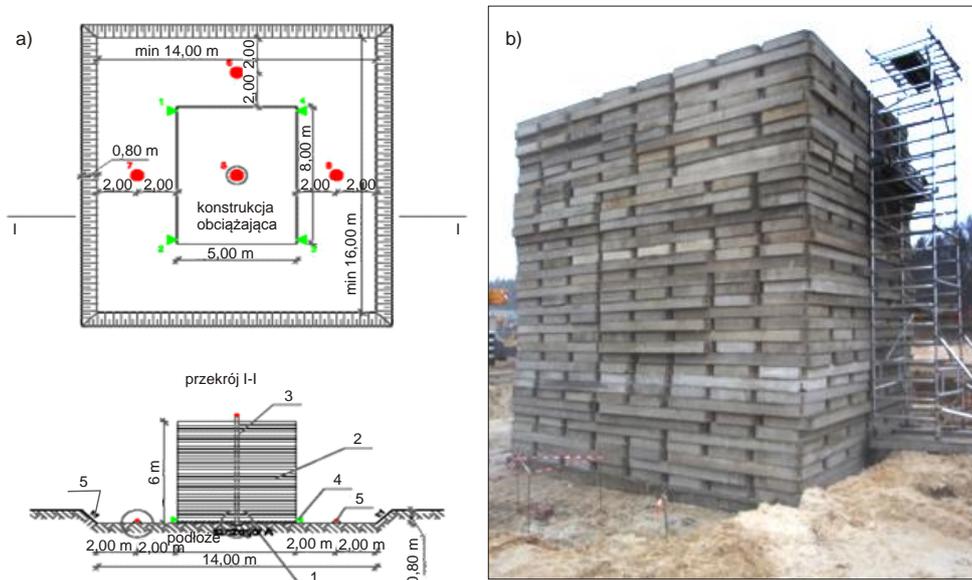
Na wynik badania mają wpływ:

- 7) skład chemiczny wody w porach,
- 8) stopień nasycenia,
- 9) porowatość/zagęszczenie,
- 10) temperatura,
- 11) kształt przestrzeni porowej,
- 12) zawartość frakcji ilastej,
- 13) skład mineralogiczny,
- 14) właściwości dielektryczne ośrodka.

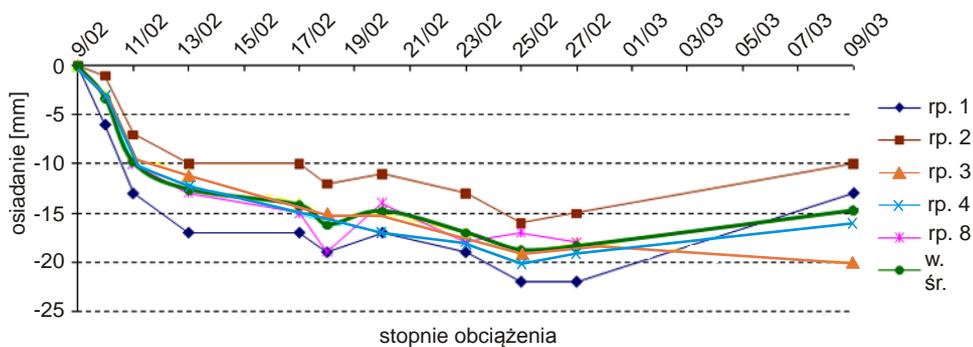
Badanie próbnego obciążenia (próba balastowa)

Jest rozwinięciem metody próbnego obciążenia płytą o dużej średnicy, zwane niekiedy próbą balastową lub badaniem próbnego obciążenia w dużej skali. Badanie to w sposób bezpośredni i bardzo precyzyjny określa współpracę obiektu z podłożem. Na tej podstawie możliwe jest podanie bardzo wiarygodnej prognozy osiadań w czasie dla danych warunków podłoża pod obciążeniem

zblizonym lub rownym do projektowanego. Przyklad praktyczny szacowania osiadań z użyciem próbnego obciążenia (ok. 300 T) pokazano na Rys. Z. 6-4, a przebieg obserwacji podczas obciążania i odciążania wykonanej próbnej płyty fundamentowej, pokazano na Rys. Z. 6-5.



Rys. Z. 6-4 Konstrukcja obciążająca a – schemat badania (widok z góry i przekrój), b – konstrukcja obciążająca po ułożeniu [29] 1 – płyta pomiarowa, 2 – obciążenie, 3 – rejon pomiarowy w środku płyty, 4, 5 – repery na płycie i na gruncie.



Rys. Z. 6-5 Wykres przebiegu osiadań fragmentu płyty fundamentowej obiektu podczas badania próbnego obciążenia; obciążenie maksymalne pod płytą wyniosło około 130 kPa [29].

ZAŁĄCZNIK 7. Zalecane metody badań polowych i laboratoryjnych

W załączniku przedstawiono zalecane metody badań polowych i laboratoryjnych z uwagi na wymagane informacje projektowe w zakresie zagadnień geotechnicznych mających zastosowanie przy budowie i modernizacji infrastruktury kolejowej

Typ konstrukcji	Zagadnienia geotechniczne do oceny	Wymagane informacje niezbędne do analiz projektowych	Zalecane badania podstawowe	
			Badania polowe	Badania laboratoryjne
Posadowienie bezpośrednie	<ul style="list-style-type: none"> • osiadania (wielkość i prognoza) • ekspansywność gruntów w podłożu i podtorzu • ocena agresywności gruntów i wody w stosunku do betonu • przemarzanie gruntów wysadzinowych • rozmycie podłoża • ekstremalne obciążenia 	<ul style="list-style-type: none"> • profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) • parametry wytrzymałościowe (efektywne i całkowite) • parametry odkształceniowe (parametry konsolidacji, moduły odkształcenia) • ocena ekspansywności/zapadowości • głębokość przemarzania • historia obciążenia (aktualne i historyczne efektywne naprężenie pionowe, wskaźnik prekonsolidacji) • skład chemiczny gruntu - klasa ekspozycji • głębokość sezonowych wahań poziomów wody • ciężary objętościowe • dane geologiczne zawierające charakterystykę oraz położenie dyslokacji i spękań podłoża skalnego 	<ul style="list-style-type: none"> • wiercenia • badania sondą krzyżakową (FVT) • badania sondą dynamiczną (SPT) • badania sondą statyczną (CPT, CPTU) • sondowania dynamiczne (DP) • badania presjometrem (PMT) • badania dylatometrem (DMT) • opis rdzenia skalnego (RQD) • badania płytą statyczną (PLT) • badania geofizyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • badania edometryczne • badania w skrzynkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) • badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) • rozkład uziarnienia • granice konsystencji (Atterberga) • pH i oporność gruntu • wilgotność • gęstość objętościowa • zawartość części organicznych • potencjał pęcznienia / wskaźnik osiadania zapadowego • badania jednoosiowego ściskania skał z określeniem modułu odkształcenia • badanie pod obciążeniem skupionym skał
Posadowienie na palach przemieszczeniowych	<ul style="list-style-type: none"> • nośność podstawy pala • nośność poboczniczy pala • osiadania • tarcie negatywne działające na pal • parcie gruntu • ocena agresywności gruntów i wody w stosunku do betonu • możliwość wprowadzenia pala / możliwość realizacji pali przemieszczeniowych • obecność glazów oraz „mocnych” warstw • rozmycie podłoża • uszkodzenia obiektów w sąsiedztwie realizacji pali na skutek drgań i wypiętrzeń • ekstremalne obciążenia 	<ul style="list-style-type: none"> • profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) • parametry wytrzymałościowe (efektywne i całkowite) • współczynnik parcia bocznego • parametry tarcia kontaktowego (grunt-pal) • parametry odkształceniowe (parametry konsolidacji, moduły odkształcenia) • skład chemiczny gruntu - klasa ekspozycji • ciężary objętościowe • obecność gruntów ekspansywnych/zapadowych i ich wpływ na nośność pala • dane geologiczne zawierające charakterystykę oraz położenie dyslokacji i spękań podłoża skalnego 	<ul style="list-style-type: none"> • wiercenia • badania próbnego obciążenia • badania sondą statyczną (CPT, CPTU) • badania sondą dynamiczną (SPT) • badania sondą krzyżakową (FVT) • badania dylatometrem (DMT) • badania presjometrem (PMT) • pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) • opis rdzenia skalnego (RQD) • badania geofizyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • badania edometryczne • badania w skrzynkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) • badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) • rozkład uziarnienia • granice konsystencji (Atterberga) • pH i oporność gruntu • wilgotność • gęstość objętościowa • zawartość części organicznych • potencjał pęcznienia / wskaźnik osiadania zapadowego • badania jednoosiowego ściskania skał z określeniem modułu odkształcenia • badanie pod obciążeniem skupionym skał • badanie tarcia kontaktowego pomiędzy palem a gruntem (np. aparat bezpośredniego ścinania SB, RS)

Typ konstrukcji	Zagadnienia geotechniczne do oceny	Wymagane informacje niezbędne do analiz projektowych	Zalecane badania podstawowe	
			Badania polowe	Badania laboratoryjne
Posadowienie na palach wierconych, baretach	<ul style="list-style-type: none"> • nośność podstawy • nośność poboczniczy • wykonalność • tarcie negatywne działające na pal • ocena jakości realizacji wiercenia pod pal w skale • parcie gruntu • osiadania (wielkość i prognoza) • napływ wody (wysięki) / odwadnianie • obecność glazów oraz bardzo „mocnych” warstw • rozmycie podłoża • ekstremalne obciążenia 	<ul style="list-style-type: none"> • profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) • parametry wytrzymałościowe (efektywne i całkowite) • współczynnik parcia bocznego • parametry tarcia kontaktowego (grunt-pal/bareta) • parametry odkształceniowe (parametry konsolidacji, moduły odkształcenia) • skład chemiczny gruntu - klasa ekspozycji • ciężary objętościowe • przepuszczalność gruntów w podłożu • obecność wód gruntowych, w tym określenie poziomów napiętych • obecność gruntów ekspansywnych/zapadowych i ich wpływ na nośność pala/barety • dane geologiczne zawierające charakterystykę i położenie dyslokacji podłoża skalnego • możliwość degradacji w miękkich skałach z uwagi na obecność wody (wysięki) i/lub powietrza (kawerny) 	<ul style="list-style-type: none"> • wiercenia • badania próbnego obciążenia • badania sondą statyczną (CPT, CPTU) • badania sondą krzyżakową (FVT) • badania sondą dynamiczną (SPT) • badania dylatometrem (DMT) • badania presjometrem (PMT) • pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) • opis rdzenia skalnego (RQD) • badania geofizyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • badania edometryczne • badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) • rozkład uziarnienia • granice konsystencji (Atterberga) • pH i oporność gruntu • wilgotność • gęstość objętościowa • zawartość części organicznych • potencjał pęcznienia / wskaźnik osiadania zapadowego • badania jednoosiowego ściskania skał z określeniem modułu odkształcenia • badanie pod obciążeniem skupionym skał • badanie tarcia pomiędzy palem/baretą a gruntem (np. aparat bezpośredniego ścinania SB) • odporność na ścieranie
Podłoże pod nasypy i nasypy	<ul style="list-style-type: none"> • osiadania (wielkość i prognoza – przebieg konsolidacji) • nośność podłoża • stateczność skarp/zboczy • parcie gruntu • nośność elementów konstrukcyjnych • ocena przydatności gruntów do wbudowania • konieczność wzmocnienia podłoża lub zbrojenia nasypu 	<ul style="list-style-type: none"> • profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) • parametry wytrzymałościowe (efektywne i całkowite) • parametry odkształceniowe (parametry konsolidacji, moduły odkształcenia) • ciężary objętościowe • parametry konsolidacji • współczynnik parcia spoczynkowego • parametry tarcia kontaktowego (grunt-element konstrukcyjny) • opór na wyciąganie w gruntach zbrojonych • dane geologiczne zawierające charakterystykę i położenie dyslokacji podłoża skalnego • zasięg zwietrzelin • ocena przydatności gruntów i skał do wbudowania (nasypy kolejowe i górne części podtorza) 	<ul style="list-style-type: none"> • wiercenia • badania płytą statyczną (np. VSS) • badania zagęszczenia – sondy dynamiczne (DP) • badania sondą statyczną (MCPT, CPT, CPTU) • badania sondą krzyżakową (FVT) • badania dylatometrem (DMT) • badania sondą wkręcaną (WST) do oceny zasięgu zwietrzelin • pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) • opis rdzenia skalnego (RQD) • badania geofizyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • badania edometryczne • badania w skrzynkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) • badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) • rozkład uziarnienia • granice konsystencji (Atterberga) • pH i oporność gruntu • wilgotność • gęstość objętościowa • zawartość części organicznych • oznaczenie wilgotności optymalnej – aparat Proctora • przewodność hydrauliczna • badania współpracy geosyntetyków z gruntem (np. wielkoskalowy aparat skrzynkowy, odporność na przebicie) • potencjał pęcznienia • odporność na ścieranie
Wykopy i skarpy wykopów	<ul style="list-style-type: none"> • stateczność skarp • wypiętrzenie dna wykopu • zjawisko upłynnienia • odwodnienie • parcie (odpór) gruntu • nadmierne przemieszczenia (osłabienie w gruncie/ postępujące zniszczenie) • zniszczenie hydrauliczne 	<ul style="list-style-type: none"> • profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) • ocena ekspansywności/zapadowości • ciężary objętościowe • przewodność hydrauliczna • odprężenie/wypiętrzenie dna wykopu • wytrzymałość na ścinanie gruntów i skał z uwzględnieniem ich nieciągłości • dane geologiczne zawierające charakterystykę i położenie dyslokacji podłoża skalnego 	<ul style="list-style-type: none"> • wiercenia • badania sondą statyczną (CPT, CPTU) • badania sondą krzyżakową (FVT) • badania dylatometrem (DMT) • pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) • opis rdzenia skalnego (RQD) • badania geofizyczne • badanie ścinania skał in situ • badania geofizyczne 	<ul style="list-style-type: none"> • badania edometryczne • badania w skrzynkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) • badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) • rozkład uziarnienia • granice konsystencji (Atterberga) • pH i oporność gruntu • wilgotność • gęstość objętościowa • przewodność hydrauliczna • badania jednoosiowego ściskania skał z określeniem modułu odkształcenia • badanie pod obciążeniem skupionym skał

Typ konstrukcji	Zagadnienia geotechniczne do oceny	Wymagane informacje niezbędne do analiz projektowych	Zalecane badania podstawowe	
			Badania polowe	Badania laboratoryjne
Konstrukcje oporowe nasypów Grunty zbrojone Skarpy	<ul style="list-style-type: none"> stateczność ogólna nośność elementów konstrukcyjnych osiadania przemieszczenia poziome parcie gruntu nośność podłoża ocena agresywności gruntów i wody w stosunku do betonu ciśnienie porowe za ścianą ocena przydatności gruntów do wbudowania 	<ul style="list-style-type: none"> profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) współczynnik parcia spoczynkowego wytrzymałość podłoża pod konstrukcją ściany parametry odkształceniowe (w tym, konsolidacyjne, wskaźniki ekspansywności, moduł odkształcenia) skład chemiczny gruntu - klasa ekspozycji przewodność hydrauliczna gruntów za ścianą parametry konsolidacyjne w czasie dane geologiczne zawierające charakterystykę i położenie dyslokacji podłoża skalnego 	<ul style="list-style-type: none"> wiercenia badania płytą statyczną (np. VSS) badania zagęszczenia – sondy dynamiczne (DP) badania sondą statyczną (CPT, CPTU) badania sondą krzyżakową (FVT) badania dylatometrem (DMT) pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) opis rdzenia skalnego (RQD) badania geofizyczne 	<ul style="list-style-type: none"> badania edometryczne badania w skrzyńkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) rozkład uziarnienia granice konsystencji (Atterberga) pH i oporność gruntu wilgotność gęstość objętościowa zawartość części organicznych oznaczenie wilgotności optymalnej – aparat Proctora przewodność hydrauliczna kapilarność bierna wskaźnik piaskowy oznaczenie kalifornijskiego wskaźnika nośności odporność na rozdrabianie metodą Los Angeles mrozoodporność
Konstrukcje oporowe wykopów	<ul style="list-style-type: none"> stateczność wykopu nośność elementów konstrukcyjnych odwodnienie ocena agresywności gruntów i wody w stosunku do betonu parcie (odpór) gruntu tarcie negatywne ściany ciśnienie porowe za ścianą możliwość zakotwienia w gruncie 	<ul style="list-style-type: none"> profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) wytrzymałość gruntu na ścinanie współczynnik parcia wytrzymałość kontaktowa (podłoża i wzmocnienia) przewodność hydrauliczna gruntów dane geologiczne zawierające charakterystykę i położenie dyslokacji podłoża skalnego 	<ul style="list-style-type: none"> wiercenia badania sondą statyczną (CPT, CPTU) badania sondą krzyżakową (FVT) badania dylatometrem (DMT) pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) opis rdzenia skalnego (RQD) badania geofizyczne badania na wyciąganie (np. gwoździe, kotwy) 	<ul style="list-style-type: none"> badania w skrzyńkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) rozkład uziarnienia granice konsystencji (Atterberga) pH i oporność gruntu wilgotność gęstość objętościowa zawartość części organicznych przewodność hydrauliczna
Tunele drążone	<ul style="list-style-type: none"> technologia drążenia stateczność przodka stateczność obudowy nośność elementów konstrukcyjnych parcie na obudowę ocena agresywności gruntów i wody w stosunku do betonu odwodnienie/wodoszczelność deformacje powierzchniowe, oddziaływanie na otoczenie 	<ul style="list-style-type: none"> profile podłoża (opis gruntów, poziomów wody, skał) parametry wytrzymałościowe (efektywne i całkowite) parametry odkształceniowe (parametry konsolidacji, moduły odkształcenia) ocena ekspansywności/zapadowości historia obciążenia (aktualne i historyczne efektywne naprężenie pionowe, wskaźnik prekonsolidacji) skład chemiczny gruntu - klasa ekspozycji przepuszczalność gruntów w podłożu obecność wód gruntowych, w tym określenie poziomów napiętych ciężary objętościowe dane geologiczne zawierające charakterystykę oraz położenie dyslokacji i spękań podłoża skalne 	<ul style="list-style-type: none"> wiercenia badania sondą krzyżakową (FVT) badania sondą dynamiczną (SPT) badania sondą statyczną (CPT, CPTU, SCPTU), sondowania dynamiczne (DP) badania presjometrem (PMT) badania dylatometrem (DMT, SDMT) pomiary wody w piezometrach (GWO, GWC) opis rdzenia skalnego (RQD) badania geofizyczne badanie ścinania skał in situ 	<ul style="list-style-type: none"> badania edometryczne badania w skrzyńkowym aparacie bezpośredniego ścinania (SB) badania w aparacie trójosiowego ściskania (TX) z użyciem pomiarów typu „bender elements” (BE) badania w kolumnie rezonansowej (RCT) rozkład uziarnienia granice konsystencji (Atterberga) pH i oporność gruntu wilgotność gęstość objętościowa zawartość części organicznych potencjał pęcznienia / wskaźnik osiadania zapadowego badania jednoosiowego ściskania skał z określeniem modułu odkształcenia badanie pod obciążeniem skupionym skał badanie tarcia kontaktowego obudowy i gruntu (np. aparat bezpośredniego ścinania SB, RS)

ZAŁĄCZNIK 8. Klasyfikacja gruntów do budowy nasypów lub budowy i naprawy podtorza [38]

Rodzaje gruntów	Klasy jakości	Przydatność gruntów		
		budowa nasypów		górne części podtorza w nasypach i przekopach
0.1 Grunty organiczne	QS0	grunty, które mogą być wykorzystane po uprzedniej analizie zachowania się nasypów w eksploatacji lub specjalnym zabiegach uzdatniających (grunty te nie są przydatne do budowy górnych części podtorza w przekopach)	grunty, które mogą być stosowane w pewnych warunkach (np. po przesuszeniu, w niskich nasypach, zabezpieczone warstwą lepszych gruntów lub układane na przemian z innymi gruntami) Grunty 1.1 - tylko nieuplastycznione	z wyjątkiem gruntów plastycznych, materiały powinny być odporne na mróz
0.2 Grunty podatne (mało wytrzymałe) zawierające ponad 15% cząstek drobnych, przewilgocone lub niedające się zagęścić				
0.3 Grunty tiksotropowe ^{a)}				
0.4 Grunty zawierające materiały rozpuszczalne (np. sól kamienna, gips)				
0.5 Grunty zanieczyszczone (np. odpady przemysłowe)				
0.6 Materiały wymieszane z organicznymi ^{a)}				
0.7 Grunty plastyczne zawierające ponad 15% cząstek drobnych, zapadowe lub pęczniące				
1.1 Grunty zawierające ponad 40% cząstek drobnych (z wyjątkiem gruntów 0.2 i 0.7)	QS1			
1.2 Skały bardzo podatne na wietrzenie, np.: - bardzo rozdrobniona kreda o gęstości $\rho < 1,7 \text{ t/m}^3$ - margiel - zwietrzały iłolupek				
1.3 Grunty zawierające 15 do 40% cząstek drobnych (z wyjątkiem gruntów 0.2 i 0.7)	QS1 ^{b)}			materiały powinny być odporne na mróz
1.4 Skały umiarkowanie podatne na wietrzenie, np.: - małorozdrobniona kreda o gęstości $\rho < 1,7 \text{ t/m}^3$ - niezwiędziały iłolupek				
1.5 Skały miękkie, np. skały o współczynniku Los Angeles $LA > 40$				
2.1 Grunty zawierające 5 do 15% cząstek drobnych, z wyjątkiem gruntów zapadowych	QS2 ^{c)}			
2.2 Grunty o jednorodnym uziarnieniu ($U < 6$) zawierające mniej niż 5% cząstek drobnych, z wyjątkiem gruntów zapadowych				
2.3 Skały o średniej twardości, np. o współczynniku Los Angeles $30 > LA \leq 40$				
3.1 Grunty dobrze uziarnione ($U \geq 6$) zawierające mniej niż 5% cząstek drobnych	QS3		grunty, które mogą być stosowane bez ograniczeń	
3.2 Skały twarde o współczynniku Los Angeles $LA \leq 30$				

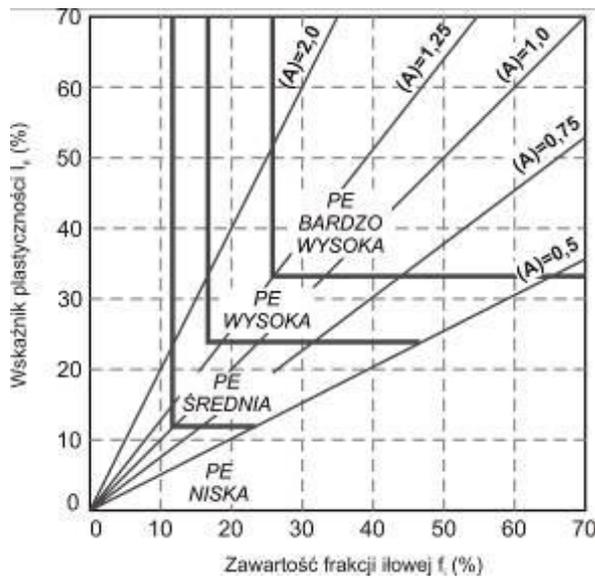
Objaśnienia:

^{a)} w przypadku trwałego zabezpieczenia przed zawiłgoceniem, można zaliczyć do klasy QS1

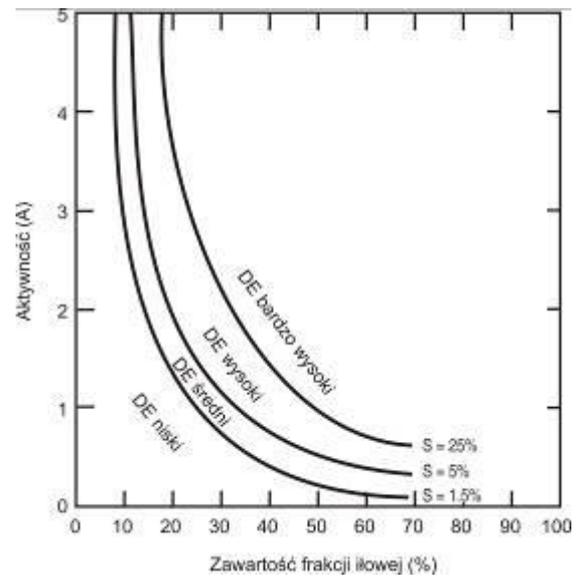
^{b)} w przypadku dobrych warunków geologicznych i hydrogeologicznych, można zaliczyć do klasy QS2

^{c)} w przypadku dobrych warunków geologicznych i hydrogeologicznych, można zaliczyć do klasy QS3

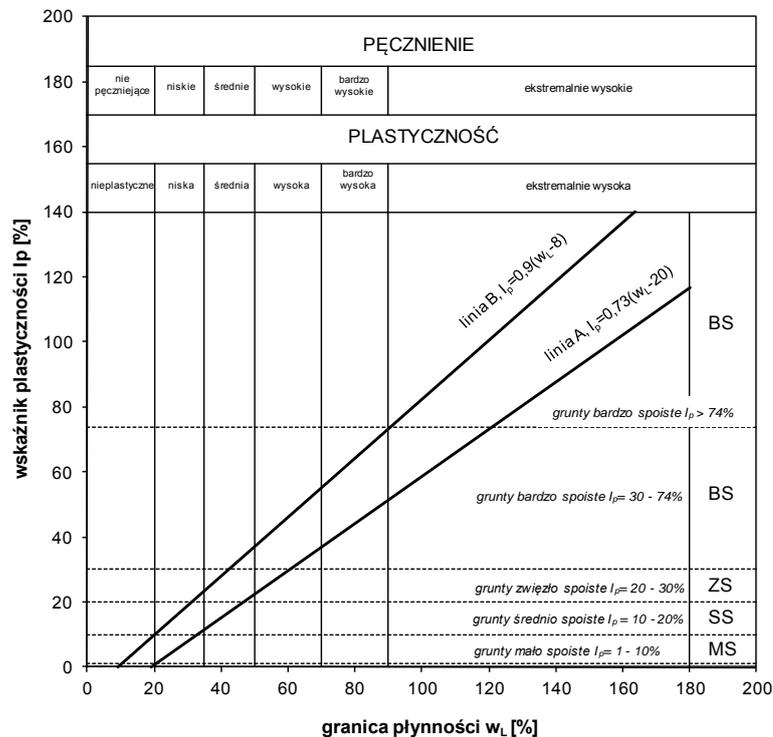
ZAŁĄCZNIK 9. Ocena właściwości ekspansywnych gruntów



Rys. Z. 9-1 Nomogram do oceny potencjalnej ekspansywności (PE) gruntów aktywność - $A = I_p/f_i$ [9].



Rys. Z. 9-2 Wykres klasyfikacji stopni ekspansji (DE) oraz potencjału pęcznienia (S) aktywność - $A = I_p/(f_i-5)$ [9].

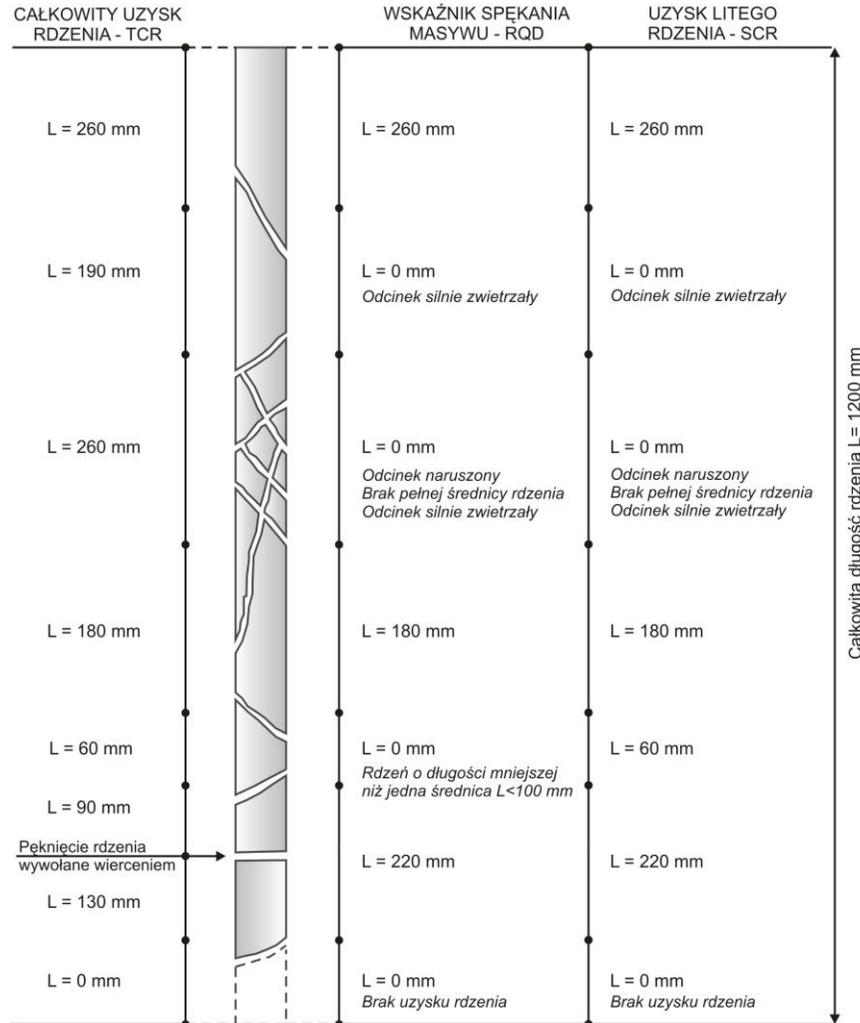


Rys. Z. 9-3 Nomogram Casagrande'a zmodyfikowany przez B. Grabowską - Olszewską [9].

Tab. Z. 9-1 Podział gruntów pęczniejących wg Instrukcji ITB [43].

Stopień ekspansji	zawartość frakcji ilowej (%)	granica płynności (%)	wskaźnik plastyczności (%)	powierzchnia właściwa (m ² /g)	wskaźnik pęcznienia (%)	ciśnienie pęcznienia (MPa)
<i>bardzo silnie pęczniejące</i>	>50	>60	>40	>200	>30	>1,0
<i>silnie pęczniejące</i>	40 - 50	50 - 60	30 - 40	150 - 200	20 - 30	0,6 - 1,0
<i>średnio pęczniejące</i>	30 - 40	40 - 50	20 - 30	70 - 150	10 - 20	0,2 - 0,6
<i>słabo pęczniejące</i>	<30	<40	<20	<70	<10	<0,2

ZAŁĄCZNIK 10. Ocena masywu skalnego na podstawie rdzenia wiertniczego



$$RQD = \frac{\sum \text{długości odcinków litego rdzenia } > 100 \text{ mm}}{\text{całkowita długość rdzenia}}$$

$$RQD = \frac{260 + 180 + 220 \text{ (mm)}}{1200 \text{ (mm)}} \cdot 100 \% = 55 \%$$

$$SCR = \frac{\sum \text{długości odcinków litego rdzenia}}{\text{całkowita długość rdzenia}}$$

$$SCR = \frac{260 + 180 + 60 + 220 \text{ (mm)}}{1200 \text{ (mm)}} \cdot 100 \% = 60 \%$$

$$TCR = \frac{\text{długość uzyskanej próbki rdzenia}}{\text{całkowita długość rdzenia}}$$

$$TCR = \frac{260 + 190 + 260 + 180 + 60 + 220 \text{ (mm)}}{1200 \text{ (mm)}} \cdot 100 \% = 97,5 \%$$

ZAŁĄCZNIK 11. Wskaźnik jakości masywu wg Bieniawskiego [18]

A. Parametry klasyfikacji i ich nota punktowa									
Parametr			Zakres wartości						
1	Wytrzymałość nienaruszonego materiału skalnego (MPa)	Indeks wytrzymałości punktowej	>10	4-10	2-4	1-2	<1 MPa stosuje się tylko test jednoosiowej wytrzymałości		
		Jednoosiowa wytrzymałość na ściskanie	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
Nota punktowa			15	12	7	4	2	1	0
2	Jakość rdzenia wiertniczego RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Nota punktowa		20	17	13	8	3		
3	Odstęp spękań (m)		>2	0,6-2,0	0,2-0,6	0,06-0,2	<0,06		
	Nota punktowa		20	15	10	8	5		
4	Charakter nieciągłości (Patrz E)*		bardzo chropowate ścianki nieciągłe, brak podzielności, niezwiertzałe	chropowate,, podzielność do 1 mm, lekko zwiertzałe	chropowate, podzielność do 1 mm, mocno zwiertzałe	ciągłe, gładkie ścianki szczelin lub szczeliny do 5 mm lub podzielność 1-5 mm	szczeliny szerokości powyżej 5 mm wypełnione miękkim materiałem lub szczeliny powyżej 5 mm o ciągłych powierzchniach		
	Nota punktowa		30	25	20	10	0		
5	Zawodnienie	Dopływ na 10 mb wyrobiska (l/min)	brak	<10	10-25	25-125	>125		
		Współczynnik: ciśnienie wody/ naprężenie główne	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Warunki ogólne	zupełnie sucho	wilgotno	mokro	wykroplenia	dopływ stały		
	Nota punktowa		15	10	7	4	0		
B. Poprawka na położenie płaszczyzn nieciągłości									
Orientacja rozciągłości i upadu			bardzo korzystna	korzystna	przeciętna	niekorzystna	bardzo niekorzystna		
Nota punktowa	Tunele i wyrobiska		0	-2	-5	-10	-12		
	Fundamenty		0	-2	-7	-15	-25		
	Skarpy		0	-5	-25	-50	-60		
C. Klasy masywu skalnego w zależności od uzyskanej noty punktowej									
Całkowita nota punktowa			100-81	81-61	60-41	40-21	<21		
Numer klasy			I	II	III	IV	V		
Opis			górotwór bardzo mocny	górotwór mocny	górotwór średnio mocny	górotwór słaby	górotwór bardzo słaby		
D. Cechy poszczególnych klas masywu skalnego									
Numer klasy			I	II	III	IV	V		
Średni czas utrzymania wyrobiska bez obudowy			20 lat, rozpiętość 15 m	1 rok, rozpiętość 10m	1 tydzień, rozpiętość 5 m	10 godzin, rozpiętość 2,5 m	30 minut, rozpiętość 1 m		
Spójność masywu skalnego (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kąt tarcia wewnętrznego masywu skalnego (°)			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. Uwarunkowanie klasyfikacji nieciągłości*									
Długość nieciągłości			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Nota punktowa			6	4	2	1	0		
Wielkość szczeliny			brak	<0,1 mm	0,1-1,0 mm	1,0-5,0 mm	5,0 mm		
Nota punktowa			6	5	4	1	0		
Chropowatość szczelin			bardzo twarde	twarde	lokalnie twarde	miękkie	gładkie		
Nota punktowa			6	5	3	1	0		
Stan zwiertzenia			brak	mocne <5 mm	mocne >5 mm	miękkie <5 mm	miękkie >5 mm		
Nota punktowa			6	4	2	2	2		
Charakter ścianek szczelin			nie-zwiertzałe	lekko zwiertzałe	zwiertzałe	mocno zwiertzałe	w stanie rozkładu		
Nota punktowa			6	5	3	1	0		
F. Wpływ rozciągłości i upadu na kierunek drażenia wyrobiska korytarzowego									
rozciągłość prostopadła do osi wyrobiska				rozciągłość równoległa osi wyrobiska					
drażenie po upadzie 45-90°			drażenie po upadzie 20-45°		upad 45-90°		upad 20-45°		
bardzo korzystne			korzystne		bardzo korzystne		przeciętne		
drażenie przeciwnie do upadu 45-90°			drażenie przeciwnie do upadu 20-45°		upad 0-20° - niezależnie od rozciągłości				
przeciętne			niekorzystne		przeciętne				
* niektóre warunki wzajemnie się wykluczają; np. jeśli występuje wypełnienie szczelin, szorstkość powierzchni szczeliny zostanie przysłonięta poprzez materiał zniszczenia; w tym przypadku stosować A.4									

ZAŁĄCZNIK 12. Profil wiertzeniowy skał [42][84]

<i>Profil wiertzeniowy skał wg [27]</i>			Profil	<i>Profil wiertzeniowy skał wg PN EN ISO 14689-1 [188]</i>		
Opis	Określenie	Strefa		Stopień	Określenie	Opis
<p>Skala jest kompletnie zmieniona w grunt spoisty, który nie nadaje się na podłoże ciężkich obiektów inżynierskich WRW = 0,001 - 0,005</p>	<p>grunty spoiste rezydualne</p>	VI		5	grunt rezydualny	<p>Cały materiał skalny przemienił się w grunt. Struktura materiału i struktura masywu skalnego uległy zniszczeniu. Nastąpiły znaczne zmiany objętościowe, ale grunt nie uległ znacznemu przemieszczeniu.</p>
<p>Więcej niż w 75% skała jest zmieniona w wyniku wietrzenia. Dezintegracja skały powoduje, że w tej strefie skała wygląda jak gruz, drobny, przeważnie orientowany. Skalenie uległy kaolinizacji. Struktura generalnie zachowana. WRW = 0,005 - 0,01</p>	<p>skały bardzo silnie zwietrzałe $R_w > 75\%$</p>	V		4	całkowicie zwietrzały	<p>Cały materiał skalny uległ rozkładowi lub nawet uległ przemianom w grunt rezydualny. Oryginalna struktura masywu skalnego jest jednak w większości nienaruszona.</p>
<p>Skała zmieniona przez powstałe spękania w gruz gruby, spękania zabarwione związkami żelaza. Bardzo wyraźne gliniaste residuum w szczelinach między okruchami. Bardzo wyraźna zmiana gęstości objętościowej szkieletu w stosunku do świeżej skały. WRW = 0,01 - 0,05</p>	<p>skały silnie zwietrzałe $R_w = 35 - 75\%$</p>	IV		3	silnie zwietrzały	<p>Ponad połowa materiału skalnego uległa rozkładowi lub rozpadowi. Świeża lub przebarwiona skała występuje w sposób ciągły w obrębie masywu skalnego lub wewnątrz bloków skalnych.</p>
<p>Procesy wietrzeniowe wnikają w głąb skały, powiększone zostają spękania. Pojawia się niewielkie residuum w szczelinach. Urabianie skały bez stosowania materiału wybuchowego. Bardzo wyraźne zgruzowanie masywu. WRW = 0,05-0,25</p>	<p>skały umiarkowanie (średnio) zwietrzałe $R_w = 10 - 35\%$</p>	III		2	średnio zwietrzały	<p>Mniej niż połowa materiału skalnego uległa rozkładowi lub rozpadowi. Świeża lub przebarwiona skała występuje w sposób ciągły w obrębie masywu skalnego lub wewnątrz bloków skalnych.</p>
<p>Skała lekko odbarwiona, w szczególności zmiana barwy na powierzchni spękań, które mogą być otwarte. Sieć spękań sprawia zgruzowanie masywu. WRW = 0,25-1,0</p>	<p>skały słabo zwietrzałe $R_w = 0 - 10\%$</p>	II		1	słabo zwietrzały	<p>Przebarwienia wskazują wietrzenie materiału skalnego i powierzchni nieciągłości.</p>
<p>Brak widocznych oznak wietrzenia. Spękania zamknięte. Brak odbarwienia i oznak zmniejszenia wytrzymałości.</p>	<p>skała macierzysta świeża $R_w = 0\%$</p>	I		0	świeży	<p>Brak widocznych objawów wietrzenia materiału skalnego; możliwe lekkie przebarwienia na głównych powierzchniach nieciągłości.</p>

ZAŁĄCZNIK 13. Przykładowa opinia geotechniczna

Opinia geotechniczna powinna zawierać:

1. Informacje ogólne:

- podstawę formalno-prawną: informacje na temat umowy oraz przepisów, zgodnie z którymi opracowano opinię,
- dane dotyczące Zleceniodawcy/Inwestora,
- lokalizację, w tym położenie geograficzne, administracyjne, numery działek, położenie w stosunku do obszarów chronionych itp.
- opis przedsięwzięcia i charakterystyka obiektu wraz z wymaganiami techniczno-budowlanymi.

2. Charakterystykę warunków gruntowych

- opis sytuacji geomorfologicznej,
- opis budowy geologicznej z uwzględnieniem, układu warstw, ich litologii, genezy, stratygrafii i tektoniki,
- charakterystykę gruntów w strefie oddziaływania obiektu,
- występowanie gruntów słabonośnych lub nasypowych,
- występowanie procesów geodynamicznych, w szczególności wietrzenia, deformacji filtracyjnych, pełzania, pęcznienia, osiadania zapadowego,
- występowanie intensywnych przekształceń antropogenicznych.

3. Charakterystykę warunków wodnych

- charakterystykę poziomów wód podziemnych w podłożu obiektu,
- głębokość występowania pierwszego poziomu wód podziemnych
- prognozę wahań wód podziemnych, wraz z ich możliwym maksymalnym poziomem ustalonym na podstawie wywiadu środowiskowego, wizji terenowej i danych archiwalnych,
- ocenę wpływu projektowanej inwestycji na zmianę warunków wodnych.

4. Charakterystykę warunków górniczych (jeśli dotyczy badanego terenu)

- opis obecnej i dawnej eksploatacji górniczej,
- wskazanie konieczności pozyskania materiałów z okręgowych urzędów górniczych i kopalń dotyczących możliwych oddziaływań górniczych i ich wielkości.

5. Ustalenie warunków gruntowo-wodnych i kategorii geotechnicznej obiektu

- ocenę stopnia skomplikowania warunków gruntowych zgodnie z rozporządzeniem [61] w odniesieniu do projektowanej inwestycji ze wskazaniem odcinków, na których występuje zmiana,
- ustalenie kategorii geotechnicznej obiektu zgodnie z rozporządzeniem [61],
- ocenę przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa ze wskazaniem czy jest możliwe posadowienie bezpośrednie, czy wymagane będzie wzmocnienie lub posadowienie głębokie.

6. Przedstawienie wniosków, uwag i zaleceń

- wskazanie zagrożeń geologicznych i antropogenicznych w strefie oddziaływania obiektu,
- określenie zakresu badań na potrzeby rozpoznania podłoża gruntowego w kolejnych etapach prac projektowych,
- wskazanie listy wymaganych dokumentów w kolejnych etapach prac projektowych.

7. Załączniki

- mapę lokalizacyjną z naniesionym przebiegiem projektowanej inwestycji,
- mapę geologiczną z naniesionym przebiegiem projektowanej inwestycji i wskazaniem odcinków o różnym stopniu skomplikowania warunków gruntowych,
- przekrój geotechniczny w oznaczeniu odcinków o różnym stopniu skomplikowania warunków gruntowych.

UWAGA: Powyższa lista nie wyczerpuje wszystkich możliwych informacji, których zakres należy każdorazowo dostosować do specyfiki terenu i charakteru projektowanego obiektu.

ZAŁĄCZNIK 14. Dobór metod badań geofizycznych

CEL BADAŃ		METODA							
		TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA	PIONOWE SONDOWANIA ELEKTROOPOROWE	PROFILOWANIA REFRAKCYJNE	TOMOGRAFIA REFRAKCYJNA	PRZEŚWIETLANIA SEJSMICZNE	MASW/SAS W/CSWS	MIKROGRAWIMETRIA	GEORADAR
1	ROZPOZNANIE BUDOWY GEOLOGICZNEJ	Metoda preferowana na obszarach niżu polskiego (KP 1-10 m)			Metoda uzupełniająca na obszarach niżu polskiego (KP 1-10 m)				
		Metoda uzupełniająca w obszarach górskich (KP 1-10 m)			Metoda preferowana w obszarach górskich (KP 1-10 m)				
	1a	do głębokości 15 m	KP-1-2 m			KP-1-2 m			
	1b	do głębokości 30 m	KP-2-5 m			KP-2-5 m			
1c	do głębokości 100 m	KP-5-10 m			KP-5-10 m				
2	USZCZEGÓLOWIENIE BUDOWY GEOLOGICZNEJ	Metoda preferowana na obszarach niżu polskiego (KP 2-5 m)			Metoda uzupełniająca na obszarach niżu polskiego (KP 2-5 m)		Metoda uzupełniająca na obszarach występowania pustek pogórnicych, form krasowych	Metoda preferowana na obszarach występowania pustek pogórnicych, form krasowych	
		Metoda uzupełniająca w obszarach górskich (KP 2-5 m)			Metoda preferowana w obszarach górskich (KP 2-5 m)				
		Metoda uzupełniająca na obszarach występowania pustek pogórnicych, form krasowych							
3	ROZPOZNANIE STREF WYSTĘPOWANIA GRUNTÓW SŁABONOŚNYCH	Metoda preferowana (KP 2-5 m)							
4	SŁEDZENIE SOCZEWEK GRUNTÓW SPOISTYCH ORAZ STREF NAMUŁÓW	Metoda preferowana (KP 2-5 m)							
5	ODDZIELENIE GRUNTÓW SPOISTYCH I ORGANICZNYCH OD NIESPOISTYCH, SUCHYCH OD WILGOTNYCH,	Metoda preferowana na obszarach niżu polskiego (KP 2-5 m)			Metoda uzupełniająca na obszarach niżu polskiego (KP 2-5 m)				

CEL BADAŃ	METODA							
	TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA	PIONOWE SONDOWANIA ELEKTROOPOROWE	PROFILOWANIA REFRAKCYJNE	TOMOGRAFIA REFRAKCYJNA	PRZEŚWIETLANIA SEJSMICZNE	MASW/SAS W/CSWS	MIKROGRAWIMETRIA	GEORADAR
GRUNTU OD SKAŁY (REJONY GÓRSKIE), SKAŁY OD ZWIETRZELINY (REJONY GÓRSKIE).	Metoda uzupełniająca w obszarach górskich (KP 2-5m)			Metoda preferowana w obszarach górskich (KP 2-5m)				
6 OKREŚLANIE EKRAŃW IZOLUJĄCYCH	Metoda preferowana (KP 2-5 m)	Metoda uzupełniająca (KP 25-100 m)						
7 OKREŚLENIE REZYSTYWNOŚCI GRUNTÓW DO PROJEKTOWANYCH UZIEMIEN		Metoda preferowana (KP 10-100 m)						
8 WYKRYWANIE STREF PŁYTKIEJ I WZMOŻONEJ FILTRACJI WODY NA OBSZARACH DOLIN, W POBLIŻU CIEKÓW ORAZ W SKAŁACH SZCZELINOWYCH		Metoda preferowana w wariancie potencjałów samoistnych (KP 25-100 m)						
9 OKREŚLENIE ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH PODŁOŻA GRUNTOWEGO				Metoda uzupełniająca (KP 2-5 m)		Metoda preferowana (KP 10-50 m) Rozstaw geofonów dla pojedynczego sondowania nie większy niż 2 m		
10 KARTOWANIE LITOLOGICZNE PODŁOŻA SKALNEGO	Metoda preferowana (KP 2-5 m)			Metoda preferowana (KP 2-5 m)				
11 WYKRYWANIE PŁYTKICH USKOKÓW I STREF TEKTONICZNYCH	Metoda preferowana (KP 2-5 m)			Metoda uzupełniająca (KP 2-5 m)				
12 WYKRYWANIE FORM KRASOWYCH ORAZ PUSTEK (W TYM PUSTEK POGÓRNICZNYCH)	Metoda preferowana (KP 1-5 m)				Metoda uzupełniająca		Metoda preferowana (KP 2-25 m)	

CEL BADAŃ		METODA							
		TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA	PIONOWE SONDOWANIA ELEKTROOPOROWE	PROFILOWANIA REFRAKCYJNE	TOMOGRAFIA REFRAKCYJNA	PRZEŚWIETLANIA SEJSMICZNE	MASW/SAS W/CWS	MIKROGRAWIMETRIA	GEORADAR
13	INWENTARYZACJA GRUNTÓW W CELU POSZUKIWANIA URZĄDZEŃ INFRASTRUKTURY PODZIEMNEJ: RUR, KANAŁÓW, PRZEWODÓW, STUDZIENEK ITP. OBIEKTÓW ANTROPOGENICZNYCH								Metoda preferowana (KP 0.01-0.03 m)
14	BADANIA KONTROLNE CEMENTOWANIA I INIEKCJI PODŁOŻA	Metoda preferowana (KP 0.5-2 m)							
15	KARTOWANIE STREF OSUWISKOWYCH (NA NIŻU)	Metoda preferowana (KP 2-5 m)			Metoda uzupełniająca (KP 2-5 m)				
16	KARTOWANIE STREF OSUWISKOWYCH (OBSZARY FLISZOWE)	Metoda uzupełniająca (KP 2-5 m)		Metoda preferowana (KP 2-5 m)	Metoda preferowana (KP 2-5 m)				
17	WYDZIELANIA STREF ZWIETRZELINY I ODPREŻENIA SKAŁY LITEJ			Metoda preferowana (KP 2-5 m)	Metoda preferowana (KP 2-5 m)				
18	WYZNACZANIE MODUŁU ŚCINANIA I MODUŁU G_{max} I MODUŁU YOUNGA (E)						Metoda preferowana		
19	OKREŚLANIE KSZTAŁTU I ROZMIARÓW PUSTEK, KAWERN, JASKIŃ, SZTOLNI ORAZ STREF ROZLUŻNIONYCH	Metoda preferowana (KP 1-5 m)			Metoda preferowana (KP 1-5 m)	Metoda preferowana	Metoda preferowana (KP 5-25 m) Rozstaw geofonów dla pojedynczego sondowania nie większy niż 2 m	Metoda preferowana (KP 2-25 m)	

CEL BADAŃ		METODA							
		TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA	PIONOWE SONDOWANIA ELEKTROOPOROWE	PROFILOWANIA REFRAKCYJNE	TOMOGRAFIA REFRAKCYJNA	PRZEŚWIETLANIA SEJSMICZNE	MASW/SAS W/CSWS	MIKROGRAWIMETRIA	GEORADAR
20	ZMIAN ZAGĘSZCZENIA OŚRODKA I OSIADAŃ GRUNTU, PŁASZCZYŹN POŚLIZGU, OBRAZOWANIE OSIADAŃ, ROZLUŻNIEŃ I STREF OSŁABIENIA PODŁOŻA			Metoda preferowana (KP 1-5 m)	Metoda preferowana (KP 1-5 m)		Metoda preferowana (KP 5-25 m) Rozstaw geofonów dla pojedynczego sondowania nie większy niż 2 m		Metoda uzupełniająca (KP 0.02-0.05 m)
21	BADANIA BUDOWY GEOLOGICZNEJ STREF OSŁABIENIA PRZED PRZODKIEM DRAŻONEJ SZTOLNI ORAZ OCENY DESTRUKCJI GÓROTWORU W STREFIE ODDZIAŁYWANIA ROBÓT TUNELOWYCH	Metoda preferowana (KP 1-5 m)		Metoda preferowana (KP 1-5 m)	Metoda preferowana (KP 1-5 m)	Metoda preferowana	Metoda preferowana (KP 5-25 m) Rozstaw geofonów dla pojedynczego sondowania nie większy niż 2 m		
22	OCENA GRUBOŚCI PODSYPKI KOLEJOWEJ I LOKALIZACJA OBSZARÓW OSŁABIONYCH W FAZIE MONITORINGU								Metoda preferowana

ZAŁĄCZNIK 15. Zestawienie parametrów do projektowania dla odcinków szczególnych

Odcinek szczególny	Charakterystyka	Identyfikacja	Trudności w badaniu i pobieraniu próbek	Parametry do oznaczenia (projektowania)
Grunty organiczne	<p>Grunty organiczne charakteryzują się bardzo dużą wilgotnością (do 2200%), małą wytrzymałością na ścinanie ($\varphi = 0-10^\circ$; $c = 2-20$ kPa) oraz dużą ścisłością ($M_0 = 0,2-2$ MPa).</p>	<p>Grunty o zawartości substancji organicznej powyżej 2%</p>	<p>Grunty o wysokiej ścisłości, ulegają konsolidacji podczas wciskania próbnika, wpływają z próbnika z uwagi na wysoką wilgotność</p>	<p>Wilgotność, zawartość substancji organicznej, edometryczny moduł ścisłości pierwotnej, edometryczny moduł ścisłości wtórnej, moduł odkształcenia pierwotnego, moduł odkształcenia wtórnego, wskaźnik ścisłości, kąt tarcia wewnętrznego, spójność, współczynnik konsolidacji pionowej, współczynnik konsolidacji, współczynniki konsolidacji wtórnej (współczynnik pelzania).</p>
Grunty zapadowe	<p>Bardzo podatne na erozyjną działalność wody</p> <p>Parametry mechaniczne korzystne przy małej wilgotności, duża wilgotność ($S_r > 0,70$) wywołuje gwałtowne ich pogorszenie</p> <p>Lessy są niekorzystnym podłożem budowlanym, w tym nierównomierne osiadanie obiektów budowlanych</p>	<p>Grunty o dużej zawartości frakcji pyłowej (70-90%), - identyfikacja na podstawie analizy makroskopowej i badań uziarnienia</p>	<p>Trudne uzyskanie próbek o nienaruszonej strukturze</p>	<p>Zawartość frakcji pyłowej</p> <p>Parametry określone sondami FVT, CPT/CPTU,DMT</p> <p>Wskaźnik osiadania zapadowego</p>

Odcinek szczególny	Charakterystyka	Identyfikacja	Trudności w badaniu i pobieraniu próbek	Parametry do oznaczenia (projektowania)
Grunty ekspansywne	Mają zdolność do zmian objętości na skutek oddziaływania wody – wykazują pęcznienie lub skurcz Posadowienie wymaga odpowiedniego zabezpieczenia podłoża	Grunty o dużej zawartości frakcji iltowej – identyfikacja na podstawie badań wskaźnikowych gruntów	Grunty o niskiej wilgotności mogą być silnie popękane – problem w pobraniu próbek klasy 1	wskaźnik pęcznienia ciśnienie pęcznienia
Grunty podatne na deformacje filtracyjne	Podatne na chemiczne i mechaniczne oddziaływanie wody	Na podstawie kartowania geologiczno-inżynierskiego obserwacje i pomiary położenia zwierciadła wód gruntowych badanie uziarnienia	Trudne uzyskanie próbek o nienaruszonej strukturze	W zależności od rodzaju deformacji np.: parametry do uziarnienia, współczynnik filtracji, chemizm wody, test kanalikowy (pinhole tes)
Grunty antropogeniczne	Bardzo zróżnicowany skład i właściwości: od dobrych do bardzo złych, zależny od pochodzenia i sposobu składowania. Częste zanieczyszczenia chemiczne.	Specyficzny skład warstw wierzchnich. W nasypach – obecność gruzu, odpadów.	Częsta zawartość grubych okruchów i odpadów. Zalecane rozpoznanie dużym wykopem badawczym, np. koparką Groźba gazów trujących.	Układ i skład warstw Uziarnienie Wilgotność Skład chemiczny gruntu i wody, zanieczyszczenia Inne parametry odpowiednio do rodzaju gruntu/materiału Ocena możliwości wykorzystania jako materiału budowlanego

Odcinek szczególny	Charakterystyka	Identyfikacja	Trudności w badaniu i pobieraniu próbek	Parametry do oznaczenia (projektowania)
Skąły i zwierzelińy	<p>Duże zróżnicowanie właściwości geologiczno-inżynierskich w zależności od regionu</p> <p>Występowanie nieciągłości, spękań, uskoków</p> <p>Duże zróżnicowanie parametrów w profilu wietrzeniowym</p>	<p>Skąły - większa wytrzymałość i sztywność od gruntów</p> <p>Zwierzelińy - nietypowe jak dla gruntów kolory, zmniejszenie gęstości objętościowej i wytrzymałości, wzrost zawartości frakcji ilowej</p>	<p>Zaleca się pełne rdzeniowanie w celu określenia stropu warstw nośnych oraz stopnia spękania warstw przypowierzchniowych</p> <p>W przypadku zwierzeliń i gruntów rezydualnych ze względu na wymiar okruców skalnych istnieje potrzeba wykonania badań w aparatach wielkoskalowych</p>	<p>Badania laboratoryjne: wilgotność gęstość i porowatość RQD parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe</p> <p>Badania geofizyczne masywu skalanego Wiercenia, sonda WST (oznaczenie zasięgu)</p>
Obszary występowania procesów osuwiskowych	<p>Obszary występowania ruchów mas ziemnych (zmywy, spływy, spełzywania, osypy, zsuwy, osuwiska, obrywy) oraz obszary predysponowane do osuwisk</p>	<p>Na podstawie dostępnych materiałów archiwalnych, analizy danych teledetekcyjnych (zdjęcia lotnicze, cyfrowe modele terenu, ortofotomapy) wizji lokalnej oraz kartowania geologiczno-inżynierskiego</p>	<p>Tereny trudno dostępne dla maszyn wierzących. Na obszarze kolumium i deluwium ze względu na bezpieczeństwo wykonanie wierceń i pobór próbek jest często niemożliwy.</p>	<p>wilgotność gęstość objętościowa rozkład uziarnienia granice konsystencji zawartość części organicznych ścisłość edometryczna wytrzymałość na ściskanie (Rc) i rozciąganie (Rr) parametry wytrzymałościowe pęcznienie</p>

Odcinek szczególny	Charakterystyka	Identyfikacja	Trudności w badaniu i pobieraniu próbek	Parametry do oznaczenia (projektowania)
Obszary szkód górniczych	<p>Niecki osiadania pod wpływem deformacji ciągłych (zawał wyrobisk górniczych)</p> <p>Deformacje nieciągłe (szczeliny, uskoki, zapadliska)</p>	<p>Mapy terenów górniczych</p> <p>Dane z kopalń</p> <p>Wizja terenu i badania polowe oraz laboratoryjne</p>	<p>Zróżnicowany maszyn skalny – różnowiekowe utwory skalne o odmiennych parametrach mechanicznych</p> <p>Przypowierzchniowe warstwy gruntów o zmiennym wykształceniu i stanie</p>	<p>Badania masywu skalnego i przypowierzchniowych warstw gruntów:</p> <ul style="list-style-type: none"> – badania polowe (wiercenia, CPT/CPTU) – badania geofizyczne (mikrogravimetryczne i sejsmiczne) – badania laboratoryjne próbek skał i gruntów

ZAŁĄCZNIK 16. Charakterystyka gruntów antropogenicznych

W normie PN-B-02480:1986 [79] grunty antropogeniczne nie są podzielone, chociaż źródła pochodzenia decydująco wpływają na ich skład chemiczny i właściwości fizyczno-mechaniczne. Do charakterystyki geologiczno-inżynierskiej i oceny geotechnicznej gruntów antropogenicznych zalecana jest klasyfikacja opracowana przez A. Drągowskiego [7], wyróżniająca trzy zasadnicze grupy gruntów antropogenicznych:

I Grunty powstałe w wyniku niszczenia pierwotnej struktury skał (gruntów), ich przemieszczenia, powtórnego zdeponowania bez istotnej zmiany wyjściowego składu mineralnego, a w przypadku gruntów sypkich uziarnienia. Do tej grupy należą między innymi grunty zwałowisk zewnętrznych i wewnętrznych kopalń odkrywkowych, hałd górniczych, nasypów.

II Grunty powstające jako odpady stałe technologiczne w produkcji przemysłowej. Grupa tych gruntów jest silnie zróżnicowana pod względem właściwości i oddziaływania na środowisko. W grupie tej znajdują się odpady masowe, takie jak popioły i żużle z elektrowni wielkich mocy, osady poflotacyjne, ale i specyficzne, występujące w niewielkich ilościach.

III Materiały/grunty, stanowiące odpady bytowe, rolnicze, budowlane. Do grupy tej należy zaliczyć materiał wysypisk komunalnych, osady z oczyszczalni ścieków, grunty zwałowisk budowlanych.

Grunty grupy I charakteryzują się zazwyczaj najlepszymi właściwościami i często mogą być wykorzystane jako podłoże obiektów budowlanych, grunty II grupy są bardzo zróżnicowane pod tym względem. Grunty III grupy generalnie, z wyjątkiem zwałów budowlanych, nie powinny stanowić podłoża budowli. Można na nich posadawiać budowle dopiero po odpowiednim wzmocnieniu podłoża. Pod względem oddziaływania na środowisko najkorzystniejsze parametry wykazują grunty grupy I, generalnie niekorzystne mają materiały/grunty grupy III, a zróżnicowane grupy II.

Ze względu na warunki składowania w obrębie tych trzech grup wyróżnia się:

- zwały (grunty nasypowe) - powstałe w wyniku mechanicznego lub pneumatycznego transportu i składowania (składowiska, zwałowiska, hałdy, nasypy),

- osady (grunty namywane) - powstałe w wyniku transportu hydraulicznego lub mieszane mechanicznego i hydraulicznego, deponowane w środowisku wodnym (składowiska mokre), osadniki, laguny.

Osady w odróżnieniu od beładnych lub gniazdowych struktur zwałów, charakteryzują się strukturami warstwowymi, związanymi z rozfrakcjonowaniem się materiału w środowisku wodnym. Właściwości fizyczne i zachowanie się pod obciążeniem obu tych podgrup jest zasadniczo odmienne. Przy opisie gruntów antropogenicznych należy stosować nazwy jak dla gruntów naturalnych dodając zwrot "odpowiada" np. skład granulometryczny gruntu antropogenicznego odpowiada piaskowi średniemu.

Grunty antropogeniczne mogą być formowane w sposób kontrolowany, tak pod względem geometrii składowiska i właściwości materiału, jak i oddziaływania na środowisko, lub w sposób niekontrolowany, którego zasięg jest często trudny do określenia, szczególnie gdy składowanie miało charakter podziemny.

Szczegółową charakterystykę gruntów antropogenicznych pod kątem ich rekultywacji zawierają Zasady [35].

ZAŁĄCZNIK 17. Obszary deformacji na terenach górniczych

Tereny górnicze są określane jako obszary objęte szkodliwymi wpływami eksploatacji górniczej [12], [41]. Podziemne wydobywanie kopalin wywołuje deformacje i wstrząsy podłoża oraz zmiany warunków wodnych, które wpływają zasadniczo na ocenę przydatności tych terenów do budownictwa oraz na istniejące budowle. Warunki wznoszenia i zachowania obiektów zależą od budowy geologicznej oraz od sposobu wydobywania kopalin i podsadzki górniczej. Deformacje górnicze mogą mieć postać odkształceń nieciągłych lub ciągłych.

Deformacje nieciągłe występują głównie w przypadku płytkiej eksploatacji (z głębokości do 100 – 150 m) i w strefach uskoków geologicznych. Mają one najczęściej postać lokalnych zapadlisk w kształcie lejów stożkowych lub cylindryczno-stożkowych o wymiarach w planie do kilkudziesięciu metrów (wg A. Rosikonii [22] w 95% do 20 m) i głębokości nawet ponad 10 m. Występują także formy progów i szczelin. Główną przyczyną zapadlisk jest reaktywizacja płytkich wyrobisk, tzw. bieda-szybów itp. Deformacje mogą być także wynikiem zmiany stosunków wodnych w górotworze oraz uaktywnienia uskoków geologicznych.

Deformacje ciągłe są wywołane eksploatacją kopalin z głębokości większej od około 100 m.. Przybierają one formę tzw. niecki obniżeniowej, której wymiary i inne parametry można dość dokładnie przewidywać na podstawie danych o planowanej eksploatacji wydobywczej. Docelowe obniżenia terenu mogą przekraczać 20 m. Powoduje to przede wszystkim zasadnicze zmiany warunków wodnych terenu. Wymiary niecki zmieniają się w miarę postępu wyrobiska. W strefie brzegowej niecki następuje wygięcie powierzchni terenu, z czym związane jest jej pochylenie oraz występowanie odkształceń poziomych: początkowo rozciągających (rozpełzań), a następnie ściskających (spęłzań). Powodują one odkształcenia i przemieszczenia konstrukcji oraz siły rozciągające, spękania i inne uszkodzenia obiektów. Skutkiem ich bywają deformacje torów, zaciskanie dylatacji i spękania obiektów mostowych, zwiększone parcie gruntu na konstrukcje oporowe, zmniejszenie nośności fundamentów związane z rozluźnieniem podłoża.

Warunki posadowienia budowli bardzo utrudniają występowanie podłoża skalistego. W takim przypadku konieczne są specjalne zabezpieczenia konstrukcyjne łagodzące skutki deformacji górniczych podłoża.

Podstawową formą profilaktyki na terenach górniczych jest omijanie stref dużych zagrożeń, wykrytych w fazie badań rozpoznawczych. Jednak w praktyce bywa konieczne przeprowadzenie lub utrzymywanie linii przebiegającej nawet przez tereny teoretycznie nie nadające się do zabudowy.

W przypadku spodziewanych deformacji nieciągłych stosuje się zabezpieczenia, zwłaszcza obiektów inżynierskich, polegające na wypełnieniu lub sztucznym zawaleniu pustek. W strefach uskoków stosuje się wzmocnienie podłoża. Na terenach odkształceń ciągłych stosuje się odpowiednie zabezpieczenia dojazdów, obiektów inżynierskich, sieci odwodnienia itp. W przypadku płytkiego położenia stropu skały bywa potrzebne jej rozdrobnienie i wykonanie izolujących warstw gruntowych pomiędzy fundamentem a skałą.

Zagadnienia te są przedmiotem odrębnych opracowań, m.in. Instrukcji ITB nr 364 [40], Wytycznych Ministerstwa Komunikacji [31]. Problematyka ta jest bardzo obszernie omówiona w publikacjach A. Rosikonii [22] oraz M. Kawuloka [41].

ZAŁĄCZNIK 18. Obszary osuwiskowe

Zakres prac i badań dla osuwisk podano zgodnie z poradnikiem pt.: „Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych” [35]. Zakres badań uzupełniono o badania na terenach predysponowanych do osuwisk.

Tab. Z. 18-1 Zalecany zakres prac i badań dla osuwisk [35].

Czynnik	Minimalny zakres prac badawczych	Uwagi
lokalizacja i liczba przekrojów geologiczno-inżynierskich równoległych do osi osuwiska	1 przekrój w osi osuwiska, 2 przekroje równoległe do osi osuwiska (dla osuwisk szerszych niż 70 m)	liczba przekrojów zależy od szerokości i powierzchni osuwiska; dla osuwisk o powierzchni większej od 1000 m ² liczbę przekrojów należy odpowiednio zwiększyć
lokalizacja i liczba otworów badawczych	3 otwory w przekroju równoległym do osi osuwiska: 1 otwór powyżej górnej krawędzi osuwiska, 1 otwór poniżej dolnej granicy osuwiska, 1 otwór w koluwium	liczba otworów zależy od powierzchni osuwiska; dla osuwisk o powierzchni większej od 1000 m ² liczbę otworów należy odpowiednio zwiększyć
odległość pomiędzy otworami badawczymi	max 25 m	odległość między otworami może ulec zwiększeniu lub zmniejszeniu; zmianę odległości należy uzasadnić
głębokość otworów badawczych	3 m poniżej strefy poślizgu	-

Czynnik	Minimalny zakres prac badawczych	Uwagi
pobór próbek gruntów i skał do oznaczeń makroskopowych	co 1 m lub co zmianę litologii i konsystencji	-
pobór próbek gruntów i skał do badań fizycznych	5 próbek dla każdej wydzielonej warstwy geologiczno-inżynierskiej	liczba próbek zależy od powierzchni osuwiska; dla osuwisk o powierzchni większej od 1000 m ² liczbę próbek należy odpowiednio zwiększyć
pobór próbek gruntów i skał do badań wytrzymałościowych	liczba próbek powinna umożliwić wykonanie 3 oznaczeń (serii badań) parametrów wytrzymałościowych dla każdej wydzielonej warstwy geologiczno-inżynierskiej (seria = minimum 3 badania przy naprężeniach normalnych)	liczba próbek zależy od powierzchni osuwiska; dla osuwisk o powierzchni większej od 1000 m ² liczbę próbek należy odpowiednio zwiększyć
sondowania	3 sondowania w przekroju równoległym do osi osuwiska: 1 sondowanie powyżej górnej krawędzi osuwiska, 1 sondowanie poniżej dolnej granicy osuwiska, 1 sondowanie w koluwium	liczba sondowań zależy od powierzchni osuwiska; dla osuwisk o powierzchni większej od 1000 m ² liczbę sondowań należy odpowiednio zwiększyć
badania geofizyczne	2 przekroje: 1 przekrój geofizyczny równoległy do osi osuwiska 1 przekrój geofizyczny prostopadły do osi osuwiska, przechodzący przez niszę osuwiska	-

Czynnik	Minimalny zakres prac badawczych	Uwagi
<p>Uwagi ogólne: Otwory oraz sondowania w niszy osuwiska i na terenie jezora osuwiska wykonuje się tylko wtedy, gdy jest to możliwe i zgodne z zasadami BHP. Jeżeli ze względów bezpieczeństwa nie ma możliwości wykonania wierceń na kolumium, można zastąpić je szurfami, wykopami lub badaniami geofizycznymi.</p>		

Tab. Z. 18-2 Zalecany zakres prac i badań dla obszarów predysponowanych do osuwisk.

Czynnik	Minimalny zakres prac badawczych	Uwagi
lokalizacja i liczba przekrojów geologiczno-inżynierskich	1 przekrój przez obszar predysponowanego do osuwisk	liczba przekrojów zależy od szerokości i powierzchni obszaru predysponowanego do osuwisk; dla obszarów o powierzchni większej od 1 ha liczbę przekrojów należy odpowiednio zwiększyć
lokalizacja i liczba otworów badawczych	3 otwory w przekroju lub 6 otworów na 1 ha	liczba otworów zależy od powierzchni obszaru predysponowanego do osuwisk; dla obszarów o powierzchni większej od 1 ha liczbę otworów należy odpowiednio zwiększyć
głębokość otworów badawczych	2 m poniżej strefy poślizgu	-

Czynnik	Minimalny zakres prac badawczych	Uwagi
pobór próbek gruntów i skał do oznaczeń makroskopowych	co 2 m lub co zmianę litologii i konsystencji	-
pobór próbek gruntów i skał do badań fizycznych	3 próbki dla warstw geologiczno-inżynierskich mających znaczenie dla powstania osuwiska	-
pobór próbek gruntów i skał do badań wytrzymałościowych	liczba próbek powinna umożliwić wykonanie 3 oznaczeń (serii badań) parametrów wytrzymałościowych dla warstw geologiczno-inżynierskich mających znaczenie dla powstania osuwiska (seria = minimum 3 badania przy naprężeniach normalnych)	-
sondowania	1 sondowanie w przekroju lub 2 sondowania na 1 ha	liczba sondowań zależy od powierzchni obszaru predysponowanego do osuwisk; dla obszarów o powierzchni większej od 1 ha liczbę sondowań należy odpowiednio zwiększyć
badania geofizyczne	3 przekroje	liczba przekrojów zależy od szerokości i powierzchni obszaru predysponowanego do osuwisk; dla obszarów o powierzchni większej od 1 ha liczbę przekrojów należy odpowiednio zwiększyć

Tab. Z. 18-3 Rodzaje badań polowych zalecanych w celu rozpoznawania osuwisk [35].

Rodzaj badania	Materiał budujący podłoże gruntowe			
	zwietrzelinowy	skalisty	drobnoziarnisty (spoisty)	gruboziarnisty (niespoisty)
badania geofizyczne	+	+	+/-	-
wiercenia rdzeniowe (ciągły rdzeń)	+	+	+/- bez płuczki	+/- bez płuczki
wiercenia rurowane (poziomy sączeń, próbki)	+/-	-	+	+
wiercenia świdrem spiralnym	-	n.d.	-	-
szurfy i doły próbne, szybiki (szczelinowatość, bloczność)	+/-	+	+/-	+/-
sondowania CPTU/CPT	+/-	n.d.	+	+/-
sondowania DP	-	n.d.	-	+
sondowania DMT, FDT	+/-	+/-	+/-	-
presjometr PMT	+/-	+/-	+/-	+/-
sondowania FVT	+/-	n.d.	+	-

+ zalecane, - nie wykonuje się, +/- w zależności od potrzeby, n.d. nie dotyczy

Tab. Z. 18-4 Rodzaje badań polowych zalecanych w celu rozpoznawania obszaru predysponowanego do osuwisk.

Rodzaj badania	Materiał budujący podłoże gruntowe			
	zwietrzelinowy	skalisty	drobnoziarnisty (spoisty)	gruboziarnisty (niespoisty)
badania geofizyczne	+	+	+	+
wiercenia rdzeniowe (ciągły rdzeń)	+	+	-	-
wiercenia obrotowe rurowane (poziomy sączeń, próbki)	+	-	+	+
szurfy i doły próbne, szybiki (szczelinowatość, bloczność)	+/-	+	-	-
sondowania CPTU/CPT	+/-	n.d.	+	+/-
sondowania DP	-	n.d.	-	+
sondowania FVT	+/-	n.d.	+	-

+ zalecane, - nie wykonuje się, +/- w zależności od potrzeby, n.d. nie dotyczy

Tab. Z. 18-5 Zalecany zakres i rodzaj badań laboratoryjnych dla osuwisk [35].

Rodzaj badania	Grunt	Minimalny	Minimalna liczba próbek do
----------------	-------	-----------	----------------------------

	zwietrzelinowy	skalisty	drobnoziarnisty (spoisty)	gruboziarnisty (niespoisty)	wymagany rodzaj próbki wg PN-EN-1997-2:2009	przebadania w pojedynczej warstwie gruntu
Wilgotność	+	+/-	+	+	3 klasa jakości, B/3	5
Gęstość objętościowa	+	+	+	+	2 klasa jakości, A/2	3
Rozkład uziarnienia	+/-	n.d.	+	+	4 klasa jakości, B/4	5
Granice konsystencji	+/-	n.d.	+	n.d.	4 klasa jakości, B/4	3
Zawartość części organicznych	+/-	-	+/-	+/-	4 klasa jakości, B/4	3
Ścisłość edometryczna	+/-	n.d.	+/-	+/-	1 klasa jakości, A/1	3
Wytrzymałość na ściskanie (Rc) i rozciąganie (Rr)	+/-	+	n.d.	n.d.	1 klasa jakości, A/1	3 (Rc), 3(Rr)
Parametry wytrzymałościowe	+/-	n.d.	+	+/-	1 klasa jakości, A/1	liczba próbek zależy od metody badania, np. dla badań w aparacie trójosiowego ściskania: 9 próbek (3 serie 3 badań przy różnych naprężeniach normalnych)
Pęcznienie	+/-	+/-	+/-	-	1 klasa jakości, A/1	3
+ zalecane, - nie wykonuje się, +/- w zależności od potrzeby, n.d. nie dotyczy						

Tab. Z. 18-6 Zalecany zakres i rodzaj badań laboratoryjnych dla obszarów predysponowanych do osuwisk.

Rodzaj badania	Grunt				Minimalny wymagany rodzaj próbki wg PN-EN-1997-2:2009	Minimalna liczba próbek do przebadania w warstwie gruntu mającej znaczenie do powstania osuwisk
	zwietrzelinowy	skalisty	drobnoziarnisty (spoisty)	gruboziarnisty (niespoisty)		

Rodzaj badania	Grunt				Minimalny wymagany rodzaj próbki wg PN-EN-1997-2:2009	Minimalna liczba próbek do przebadania w warstwie gruntu mającej znaczenie do powstania osuwisk
	zwietrzelinowy	skalisty	drobnoziarnisty (spoisty)	gruboziarnisty (niespoisty)		
Wilgotność	+	-	+	-	3 klasa jakości, B/3	3
Gęstość objętościowa	+	+	+	+	2 klasa jakości, A/2	3
Rozkład uziarnienia	-	n.d.	+	+	4 klasa jakości, B/4	3
Granice konsystencji	+	n.d.	+	n.d.	4 klasa jakości, B/4	3
Wytrzymałość na ściskanie (Rc) i rozciąganie (Rr)	+/-	+	n.d.	n.d.	1 klasa jakości, A/1	3 (Rc), 3 (Rr)
Parametry wytrzymałościowe	-	n.d.	+	-	1 klasa jakości, A/1	liczba próbek zależy od metody badania, np. dla badań w aparacie trójosiowego ściskania: 9 próbek (3 serie 3 badań przy różnych naprężeniach normalnych)
Pęcznienie	+	+	+	-	1 klasa jakości, A/1	3
+ zalecane, - nie wykonuje się, +/- w zależności od potrzeby, n.d. nie dotyczy						

ZAŁĄCZNIK 19. Klasyfikacja i oznaczanie gruntów organicznych

Oznaczanie zawartości substancji organicznej w gruncie wykonuje się najczęściej jedną z trzech metod:

- 4) **Metoda utleniania nadtlenkiem wodoru** - jest to podstawowa metoda oznaczania zawartości substancji organicznej w gruncie według Polskiej Normy PN-B-04481:1988 [69] jednakże oznaczanie tą metodą gruntów o dużej zawartości substancji organicznej może być czasochłonne i trwać nawet do kilku tygodni.
- 5) **Metoda utleniania dwuchromianem potasu (metoda chemiczna, metoda Tiurina)** - tę metodę jako alternatywny sposób utleniania substancji organicznej podaje Polska Norma PN-B-02480:1986 [79] lecz nie podaje procedury jej przeprowadzenia. Jest to jednak podstawowa metoda oznaczania zawartości substancji organicznej według Polskiej Normy PN-S-02205:1998 [71]. Żaden z przywołanych standardów nie podaje jednak procedury przeprowadzenia oznaczeń stąd przy wykorzystywaniu metody Tiurina należy przywołać dokument lub publikację, według której wykonano badanie oraz dołączyć karty badań uwzględniające stężenia lub miana odczynników chemicznych (np. miano soli Mohra).
- 6) **Oznaczanie strat masy przy prażeniu (odwrotność popielności)** - jest to najprostsza metoda szacująca zawartość substancji organicznej często nieutożsamiana z prawdziwą zawartością substancji organicznej. Metoda polega na wyprażeniu substancji organicznej w temperaturze zależnej od przywołanej Polskiej Normy lub innego międzynarodowego normatywu. Wybrane procedury wymagają również różnych temperatur suszenia próbek, stąd należy zweryfikować i dobrać odpowiednią procedurę przygotowania i prażenia próbek.

Na podstawie oznaczonych zawartości procentowych substancji organicznej i innych składników (np. zawartości węglanu wapnia CaCO_3 , części mineralnych bezwęglanowych) grunty organiczne klasyfikuje się:

zgodnie z normą PN-B-02480:1986 [79] na:

- Torfy (zawartość substancji organicznej powyżej 30%)
- Gytie (zawartość węglanu wapnia powyżej 5%)
- Namuły gliniaste, namuły piaszczyste (zawartość substancji organicznej powyżej 5%)

- Grunty próchniczne (zawartość substancji organicznej 2-5%)

zgodnie z normą PN-EN ISO 14688-1:2006 [80] na:

- Torf włóknisty
- Torf pseudowłóknisty
- Torf amorficzny
- Gytia
- Humus

zgodnie z normą PN-EN ISO 14688-2:2006 [81] na:

- Grunty niskoorganiczne (zawartość substancji organicznej od 2 do 6%)
- Grunty organiczne (zawartość substancji organicznej od 6 do 20%)
- Grunty wysokoorganiczne (zawartość substancji organicznej powyżej 20%)

według literatury branżowej na:

- Torfy
- iły organiczne (ang. organic clays)
- Pyły organiczne (ang. organic silts)
- Piaski organiczne (ang. organic sands)

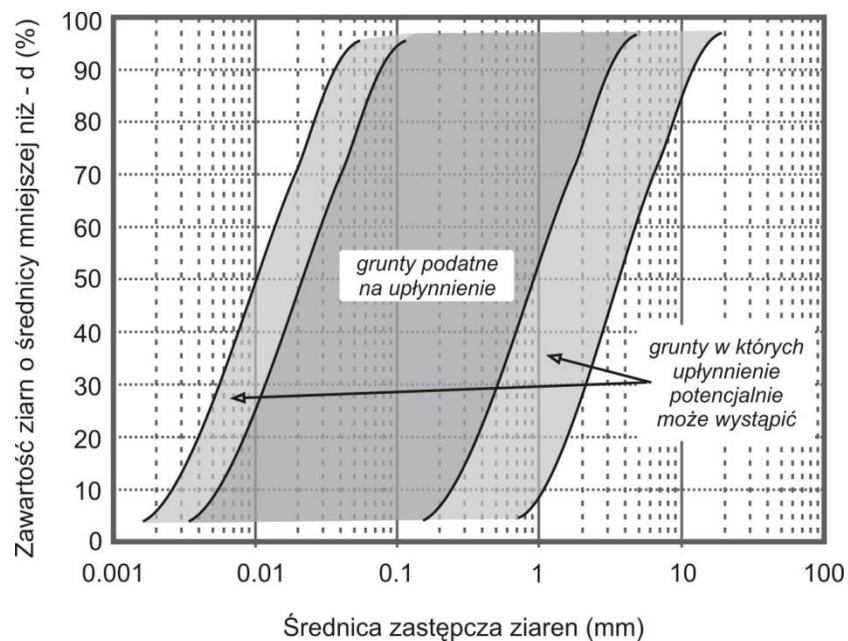
Dopuszczalne jest stosowanie innych podziałów, każdorazowo z przywołaniem i uargumentowaniem użytej klasyfikacji. Zaleca się stosowanie klasyfikacji dostosowanej do wymagań projektanta.

ZAŁĄCZNIK 20. Obciążenia cykliczne

Obciążenia cykliczne wpływają na nośność oraz osiadania podłoża budowlanego. Wyniki badań pokazują [3], że grunty drobnoziarniste poddane obciążeniom dynamicznym stają się przeważnie bardziej odkształcalne i mniej wytrzymałe. Niektóre ulegają zniszczeniu w fazie obciążeń dynamicznych, w przypadku innych obserwowana jest redukcja wytrzymałości na ścinanie. Obciążenia cykliczne generują nadwyżkę ciśnienia porowego. Nadwyżka ta powoduje zredukowanie ogólnej wytrzymałości gruntów. Do zmniejszenia wytrzymałości przyczynia się również amplituda drgań, liczba cykli oraz ich czas trwania.

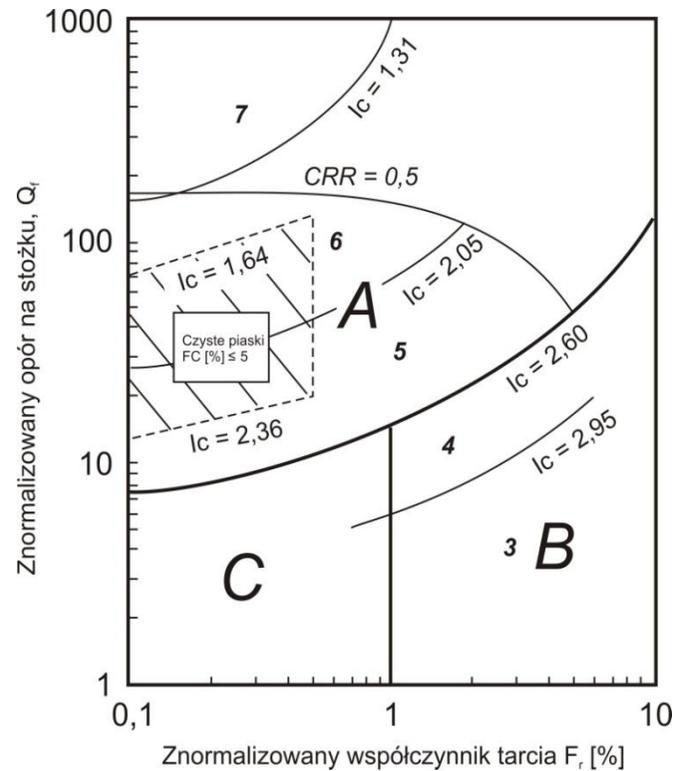
Grunty gruboziarniste nawodnione o stopniu zagęszczenia $I_D > 75\%$ mogą ulec upłynnieniu podczas tzw. mobilizacji cyklicznej. Jeśli nie wystąpi upłynnienie grunty te nie doznają znaczących osiadań. Grunty gruboziarniste nawodnione o stopniu zagęszczenia $I_D < 75\%$ mogą ulec upłynnieniu. Jeśli nie wystąpi upłynnienie grunty te doznają znaczących osiadań. Upłynnieniem nazywamy zjawisko, gdy nawodniony grunt nie jest w stanie przenosić naprężeń ścinających i z makroskopowego punktu widzenia staje się cieczą. Upłynnienie jest niebezpieczne nie tylko dla obiektów posadowionych bezpośrednio na gruncie. Fundamenty głębokie np. pale tracą tarcie na pobocznicę, przez co ich nośność ulega zmniejszeniu.

Wstępnego oszacowania podatności gruntów na oddziaływania cykliczne a przede wszystkim na upłynnienie można dokonać m.in. na podstawie porównania rozkładu uziarnienia analizowanego gruntu z tzw. krzywymi granicznymi Rys. Z. 20-1 lub na podstawie nomogramów w oparciu o wyniki badań CPTU/SCPTU Rys. Z. 20-2, DMT/SDMT, SPT.



Rys. Z. 20-1 Krzywe graniczne uziarnienia wg Tsuchidy [13].

Metoda polega na porównaniu rozkładu uziarnienia analizowanego gruntu z tzw. krzywymi granicznymi. Krzywe te odpowiadają krzywom uziarnienia rozdzielającym grunty podatne na upłynnienie od gruntów, w których upłynnienia się nie obserwuje. Metoda ta jest uproszczona, nie uwzględnia czynników takich jak: początkowe zagęszczenie, stan naprężenia, amplituda drgań.



Rys. Z. 20-2 Ocena możliwości upłynnienia gruntu wg Robertsona [21] Wykres pozwala ocenić możliwość wystąpienia upłynnienia w zależności od oporu na stożku q_c i tarcia na tulei ciernej f_s .

Strefa A - grunty bardzo podatne na upłynnienie Stefa B - grunty niewykazujące tendencji do upłynnienia Strefa C - grunty, które mogą upłynniać się na skutek obciążeń cyklicznych

Do ilościowej oceny podatności gruntów na oddziaływania cykliczne należy wykonać badania laboratoryjne np. w dynamicznym aparacie trójosiowego ściskania w warunkach obciążeń dynamicznych, modelując rzeczywiste warunki oddziaływań dynamicznych (np. amplituda).

ZAŁĄCZNIK 21. Bibliografia

LITERATURA

- [1]. ANDREWS D. C. A., MARTIN G. R., 2000 – Criteria for liquefaction of silty soils. Proc. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand
- [2]. BAŻYŃSKI J., TUREK S., 1969 – Słownik hydrogeologii i geologii inżynierskiej, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- [3]. BAŃKOWSKA A., 2011 - Wpływ obciążeń dynamicznych na wytrzymałość glin lodowcowych na przykładzie glin zlodowacenia warty rejonu Warszawa-Służew. Biuletyn PIG - nr 446/2, s: 251–256.
- [4]. BOND A., HARRIS A., 2008 – Decoding Eurocode 7, London: Taylor & Francis.
- [5]. BOULANGER R. W., IDRIS I. M., 2004 – Evaluating the potential for liquefaction or cyclic failure of silts and clays. Report No. UCD/cGM/-04/01 Department Of Civil & Environmental Engineering College of Engineering University of California at Davis
- [6]. BZÓWKA J., JUZWA A., KNAPIK K., STELMACH K. 2013 – Geotechnika komunikacyjna, Wyd. Politechniki Śląskiej, Wyd. II, Gliwice.
- [7]. Drągowski A., 2010 - Charakterystyka i klasyfikacja gruntów antropogenicznych. Przegląd Geologiczny nr 9/2, Warszawa.
- [8]. GODLEWSKI T. 2013 – Zastosowanie metod geofizycznych w rozpoznaniu geotechnicznym podłoża – XXVIII Ogólnopolskie WPPK, Wisła, 05-08 marca 2013r, str. 159-184.
- [9]. GRABOWSKA – OLSZEWSKA B., KACZYŃSKI R., TRZCIŃSKI J., ZBOIŃSKI A., 1998 – Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych, Wyd. PWN, Warszawa
- [10]. ISHIHARA K., 1996 – Soil Behavior in Earthquake Geotechnics. The Oxford Engineering Science Series No. 46
- [11]. ISTOMINA W.S., 1957 – Filtracionnaja ustoicziwost gruntow, W.G.I., Moskwa.
- [12]. KAWULOK M., 2010 – Szkody górnicze w budownictwie, Wyd. ITB, Warszawa.
- [13]. KOESTER J., TSUCHIDA T., 1989 - Earthquake-Induced Liquefaction of Fine-Grained Soils. Considerations from Japanese Research. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. Geotechnical Lab.
- [14]. KONDRATIEW W. N., 1958 – Filtracja I mechaniczna sufozja. Symferopol.
- [15]. KOWALSKI J., 1998 – Hydrogeologia z podstawami geologii, Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego, Wrocław
- [16]. KOWALSKI W. C., 1988 – Geologia inżynierska, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

- [17]. LISZKOWSKI J., 1975 – Geologiczne modele rozwoju filtracyjnych deformacji gruntów w Polsce. Materiały konferencyjne, Aktualne problemy geologii inżynierskiej, s: 133-151, Warszawa
- [18]. MAJCHERCZYK T., SZASZENKO A., SDWIZKOWA E., 2009 – Podstawy Geomechaniki, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków.
- [19]. MAJER E., SOKOŁOWSKA M., RYŻYŃSKI G., 2013 – Identyfikacja ryzyka geologicznego w procesie inwestycyjnym. Materiały konferencyjne, XXVIII Ogólnopolskie Warsztaty Projektanta Konstrukcji, T I, s: 305-342, Wiśła.
- [20]. MYŚLIŃSKA E., 2001 – Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania, Wyd. PWN, Warszawa.
- [21]. ROBERTSON P., FEAR C., 1995 - Liquefaction of sands and its evaluation. Proceedings of 1st International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Keynote Lecture, Tokyo, Japan.
- [22]. ROSIKOŃ A., 1979 – Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górnictwami. Wyd. Kił, Warszawa.
- [23]. SALEGI SADAGHIANI M. R. , WITT K., J., 2011 – International Symposium on Geotechnical Risk and Safety, Munich Germany 239-248
- [24]. SAWICKI A., 2012 – Zarys mechaniki gruntów sypkich. Wyd. IBW PAN
- [25]. SEED H. B., CENTIN K. O., MOSS R. E. S. , FARIS A., 2003 - Recent advances in soil liquefaction engineering : a unified and consistent framework . Keynote presentation 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar , Long Beach
- [26]. SEED H. B., IDRIS I. M., 1982 – Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, Berkley, Ca 134 str.
- [27]. TAJDUŚ A., CAŁA M., TAJDUŚ K., 2012 – Geomechanika w budownictwie podziemnym. Projektowanie i budowa tuneli, Kraków.
- [28]. Wiłun Z., 2013 – Zarys Geotechniki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- [29]. WYSOKIŃSKI L., KOTLICKI W., GODLEWSKI T., 2011 – Projektowanie geotechniczne według Eurokodu 7. Poradnik. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
- [30]. WYRA A., POLOCZEK G., 2007 – Prowadzenie prac wiertniczych różnymi technikami wiertniczymi 311[40].Z1.05. Poradnik dla ucznia. Instytut Technologii Eksploatacji-PIB, Radom.

INSTRUKCJE

- [31]. BAŻYŃSKI J., DRĄGOWSKI A., FRANKOWSKI Z., KACZYŃSKI R., RYBICKI S., WYSOKIŃSKI L., 1999 – Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- [32]. BRYT-NITARSKA I., 2013 – Ocena stanu technicznego budynków murowanych na terenach górniczych, , Instrukcje Wytuczne, Poradniki , nr 485/2013, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.

- [33]. Borowczyk M., Frankowski Z., 1981 – Wpływ parametrów fizycznych gruntu na ocenę wskaźnika i stopnia zagęszczenia. VI Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania; 36-44.
- [34]. DOBAK P. I IN., 2009 – Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń, Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- [35]. FRANKOWSKI I IN., 2012 – Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych, Instytut Techniki Budowlanej, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- [36]. Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D1), PKP PLK S.A., Warszawa, 2005 z późn. zm.
- [37]. Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich Id-2 (D2), PKP PLK S.A., Warszawa, 2005.
- [38]. Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3, PKP PLK S.A., Warszawa, 2009.
- [39]. Instrukcja o utrzymaniu kolejowych obiektów inżynierskich Id-16 (D83), PKP PLK S.A., Warszawa, 2005.
- [40]. KAWULOK M., CHOLEWICKI A., LIPSKA B., ZAWORA J., 2007 – Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki, nr 364/2007, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
- [41]. KAWULOK M., 2013 – Ocena przydatności terenów górniczych do zabudowy, Instrukcje Wytyczne, Poradniki, nr 487/2013, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
- [42]. KŁOSIŃSKI B., BAŻYŃSKI J., FRANKOWSKI Z., KACZYŃSKI R., WIERZBICKI S., 1998 – Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. Cz. 1 i 2. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa.
- [43]. PRZYSTAŃSKI J., 1990 – Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych, Instrukcja nr 296/1990, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.
- [44]. TEST PROCEDURES for the determination of the dynamic soil characteristics, 2011, Railway Induced Vibration Abatement Solutions – RIVAS WP 1.3.D1.1
- [45]. Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej, 1977, Ministerstwo Komunikacji, WKC

AKTY PRAWNE

Uwaga: aktualność podanych aktów prawnych należy każdorazowo sprawdzić.

Zaleca się korzystać ze strony **Internetowy System Aktów Prawnych** <http://isap.sejm.gov.pl>

Dyrektywy

- [46]. Dyrektywa 2008/57/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 czerwca 2008 w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie, Dz. Urz. UE L126, 14.05.2011 z późn. zm.
- [47]. Dyrektywa 96/48/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lipca 1996 w sprawie interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości, Dz. Urz. UE L77, 19.03.2008 z późn. zm.
- [48]. Dyrektywa Rady 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do wyrobów budowlanych, Dz. Urz. UE L220, 30/08/1993.

Ustawy

- [49]. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. 2014, poz. 822).
- [50]. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2014 r., poz. 1133).
- [51]. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. nr 86, poz. 789 z późn. zm.).
- [52]. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r., Nr 25, poz. 150 z późn. zm.).
- [53]. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 o ochronie przyrody (Dz. U. 2004 nr 92 poz. 880 z późn. zm.)
- [54]. Ustawa z dnia 3 października 2008 o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. nr 199, poz. 1227 z późn. zm.)
- [55]. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz. U. z 2012 r., Nr 0, poz. 145).
- [56]. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2003 r., Nr 80, poz. 717 z późn. zm.).
- [57]. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz. U. z 2007 r., Nr 75, poz. 493 z późn. zm.).
- [58]. Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (Dz.U. 2002 nr 169 poz. 1386 z późn. zm.).

Rozporządzenia

- [59]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz. U. nr 151 poz. 987 z późn. zm.).
- [60]. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. z 2002 nr 75, poz. 690 z późn. zm).
- [61]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 poz. 463).
- [62]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2012 r., poz. 462).

- [63]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. z 2011 r., Nr 288, poz. 1696).
- [64]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. z 2014 r., poz. 596).
- [65]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Dz. U. z 2007 r., Nr 121, poz. 840, zał. 2).
- [66]. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. nr 213 poz. 1397 z późn. zm.).
- [67]. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. z 2000 r., Nr 70, poz. 821).
- [68]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Dz. U. 2007 nr 121 poz. 840).

WYBRANE NORMY

Uwaga: aktualność podanych norm należy każdorazowo sprawdzić.

Zaleca się korzystać ze strony **Polskiego Komitetu Normalizacyjnego** <http://www.pkn.pl>

- [69]. PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [70]. PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie (NORMA WYCOFANA ZASTĄPIONA PRZEZ PN-EN 1997-1:2008, PN-EN 1997-2:2009).
- [71]. PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [72]. PN-B-02481:1998 Geotechnika – Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- [73]. PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- [74]. PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- [75]. PN-EN 1997-1:2008/Ap2 wrzesień 2010 - Załącznik krajowy NA - Postanowienia krajowe w zakresie przedmiotowym EN 1997-1:2004
- [76]. PN-EN ISO 22475-1:2006 Rozpoznanie i badania geotechniczne – pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych – Część 1: Techniczne zasady wykonania (oryg.)
- [77]. PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe (NORMA WYCOFANA ZASTĄPIONA PRZEZ PN-EN 1997-2:2009).

- [78]. PN-EN ISO 22475-1:2006 Rozpoznanie i badania geotechniczne – pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych – Część 1: Techniczne zasady wykonania (oryg.).
- [79]. PN-B-02480:1986 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów (NORMA WYCOFANA ZASTĄPIONA PRZEZ PN-B-02481:1998).
- [80]. PN-EN ISO 14688-1:2006 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis.
- [81]. PN-EN ISO 14688-2:2006 Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów - Część 2: Zasady klasyfikowania.
- [82]. PN-EN ISO 14688-2:2006/Ap2:2012 – Załącznik krajowy do Polskiej Normy. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania. Polski Komitet Normalizacyjny. Warszawa.
- [83]. PN-B-04493:1960 Grunty budowlane. Oznaczanie kapilarności biernej.
- [84]. PN-EN ISO 14689-1:2006 Badania geotechniczne -- Oznaczanie i klasyfikowanie skał -- Część 1: Oznaczanie i opis.

STANDARDY TECHNICZNE

- [85]. Standardy techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) /250 km/h d (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom I. Droga szynowa. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2009.
- [86]. Standardy techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) /250 km/h d (dla taboru z wychylnym pudłem). Tom III. Kolejowe obiekty inżynierskie. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2009.

STRONY INTERNETOWE

- [87]. osuwiska.pgi.gov.pl
- [88]. http://www.mos.gov.pl/kategoria/5352_geologia_inzynierska/
- [89]. <http://www.pgi.gov.pl/pl/geologia-inzynierska.html>
- [90]. atlasy.pgi.gov.pl

ZAŁĄCZNIK 22. Spis tabel

Tab. 1-1 Spis użytych symboli, oznaczeń i skrótów	10
---	----

Tab. 2-1 Wymagane formy opracowań wyników badań podłoża gruntowego w zależności od etapu inwestycji.	21
Tab. 4-1 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla drogi kolejowej – etap studium wykonalności lub koncepcji.	35
Tab. 4-2 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla drogi kolejowej – etap projektu budowlanego.	37
Tab. 4-3 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla obiektów inżynierskich – etap studium wykonalności lub koncepcji.	38
Tab. 4-4 Rozstaw punktów dokumentacyjnych dla obiektów inżynierskich – etap projektu budowlanego. ...	38
Tab. 4-5 Minimalny zakres badań laboratoryjnych do wykonania dla linii kolejowych i kolejowych obiektów inżynierskich	43
Tab. 4-6 Zalecane metody badań gruntu do wzmacniania podłoża	44
Tab. 4-7 Klasyfikacja metod wiercenia [30].....	48
Tab. 4-8 Klasy jakości próbek do i kategorii pobierania próbek wg [74].....	51
Tab. 4-9 Zestawienie znormalizowanych metod badań podłoża, uzyskiwanych pomiarów oraz wyprowadzonych na ich podstawie parametrów gruntów [74]	53
Tab. 4-10 Kombinacje badań geotechnicznych w zależności od problemu geotechnicznego [8].	55
Tab. 4-11 Zestawienie badań laboratoryjnych klasyfikacyjnych wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie	59
Tab. 4-12 Zestawienie badań laboratoryjnych mających na celu wyznaczenie parametrów geotechnicznych wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie	60
Tab. 4-13 Zestawienie badań przydatności wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie	61
Tab. 4-14 Ocena wysadzinowości gruntów [71].....	61
Tab. 5-1 Zestawienie metod badań laboratoryjnych skał wraz z wynikami badań i parametrami wyprowadzonymi na ich podstawie	77
Tab. 5-2 Dopuszczalny rozmiar cząstek w funkcji rozmiaru próbki do badań (H - wysokość próbki, d - średnica próbki) [74]	80

ZAŁĄCZNIK 23. Spis rysunków

Rys. 1-1 Etapy badań podłoża podczas projektowania geotechnicznego, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych wg Eurokodu 7 [73]	14
Rys. 1-2 Schemat podziału norm pomocniczych do Eurokodu 7 – dotyczących klasyfikacji, badań polowych i laboratoryjnych [4].	15
Rys. 2-1 Diagram kategorii geotechnicznej obiektu budowlanego i form przygotowania geotechnicznych warunków posadowienia [19]	18
Rys. 4-1 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża obiektów liniowych zgodnie z [74]	40
Rys. 4-2 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża nasypów i wykopów zgodnie z [74]	40

Rys. 4-3 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża wykopów wąskoprzestrzennych zgodnie z [74]	41
Rys. 4-4 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża budowli o dużej wysokości i konstrukcji inżynierskich z zgodnie z [74]	41
Rys. 4-5 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża małych tuneli i komór podziemnych (np. przejść pod torami) z zgodnie z [74]	42
Rys. 4-6 Proponowana głębokość rozpoznania podłoża budowli o dużej wysokości i konstrukcji inżynierskich z zgodnie z [74]	42
Rys. 5-1 Początkowe stany kontraktywne i dylatywne w gruntach sypkich.	71
Rys. 5-2 Nomogram do oceny zdolności do upłynnienia gruntów drobnoziarnistych [1].....	72
Rys. 5-3 Kryterium chińskie do oceny zdolności do upłynnienia gruntów drobnoziarnistych [26]	72
Rys. 5-4 Nomogram do oceny zdolności do upłynnienia gruntów drobnoziarnistych według [25]	73
Rys. 5-5 Krzywe składu granulometrycznego do oceny sufozyjności gruntu wg Kondratiewa [14];	74
Rys. 6-1 Modele budowy geologicznej sporządzonych dla różnych stadiów projektowania i dokumentowania konkretnego obiektu inwestycyjnego [16].	91
Rys. 6-2 Przykład przekroju z dokumentacji badań podłoża (GIR).....	97

TABELA ZMIAN DO INSTRUKCJI PKP POLSKIE LINIE KOLEJOWE S.A.

Lp. zmiany	Przepis wewnętrzny, którym zmiana została wprowadzona (rodzaj, nazwa i tytuł)	Jednostki redakcyjne w obrębie których wprowadzono zmiany	Data wejścia zmiany w życie	Biuletyn PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., w którym zmiana została opublikowana (nr/poz./rok)
