



## II ZAŁĄCZNIKI TEKSTOWE

- Zał. 1T      Opis metodyki przeprowadzonych prac badawczych w terenie**
- Zał. 2T      Opis badań laboratoryjnych**
- Zał. 3T      Ocena zanieczyszczenia powierzchni ziemi**
- Zał. 4T      Schematy wniosków**
- Zał. 5T      Schematy kart, metryk itp.**



## Załącznik 1T

### Opis metodyki przeprowadzonych prac badawczych w terenie

<b>1</b>	<b>WIERCENIA BADAWCZE .....</b>	<b>111</b>
1.1	WIERCENIA RĘCZNE .....	112
1.2	WIERCENIA MECHANICZNE RDZENIOWANE .....	112
1.3	WIERCENIA MECHANICZNE RUROWANE I NIERUROWANE.....	113
1.4	SONDOWANIA STATYCZNE CPTU.....	114
1.5	SONDOWANIE STATYCZNE DMT .....	116
1.6	ŚCINANIA SONDĄ OBROTOWĄ VANE (FVT).....	117
1.7	SONDOWANIA DYNAMICZNE DPL/DPH I DPSH .....	117
1.8	SONDOWANIE SONDĄ BAT .....	118
1.9	SONDOWANIA SPT .....	118
<b>2</b>	<b>HYDROGEOLOGIA .....</b>	<b>119</b>
2.1	PIEZOMETR – .....	119
2.2	WĘŻEŁ HYDROGEOLOGICZNY .....	120
2.3	TYMCZASOWA STUDNIA POMPOWA .....	120
<b>3</b>	<b>BADANIA GEOFIZYCZNE .....</b>	<b>120</b>
3.1	TOMOGRAFIA ELEKTROOPOROWA ERT .....	121
3.2	BIBLIOGRAFIA.....	124



Opis poniższych prac badawczych wraz z interpretacją dotyczy prac wykonywanych w terenie na etapie planowania przyszłej inwestycji.

## 1 Wiercenia badawcze

Wiercenia badawcze wykonywać można dostępnym sprzętem wiertniczym umożliwiającym wykonanie prac w każdych warunkach terenowych – od lekkiego sprzętu ręcznego, przez zestawy półzmechanizowane, do w pełni zmechanizowanych zestawów umieszczonych na samochodach ciężarowych i podwoziach gąsienicowych. W szczególnych przypadkach – budowa mostów, wiaduktów, nabrzeży itp. – odpowiednia technologia wykonania odwiertu musi umożliwić wykonanie wierceń do głębokości poniżej 25m poniżej poziomu terenu i więcej.

Prowadzone wiercenia mają na celu m.in.:

- ustalenie układu warstw podłoża (profilu litologicznego);
- ustalenie położenia warstw wodonośnych i poziomów piezometrycznych;
- pobór próbek gruntów do badań makroskopowych i laboratoryjnych;
- badania gruntu w dnie otworu.

Bezpośrednio po każdym wydobyciu świdra z otworu powinno być wykonywane badanie makroskopowe, którego celem jest sklasyfikowanie gruntu pod względem rodzaju, stanu i wilgotności. Wstępnie określone są także podstawowe właściwości fizyczne takie jak np.: stopień plastyczności. W miarę możliwości określana jest również geneza gruntu i jego wiek geologiczny.

W ramach wierceń badawczych prowadzone są również pomiary poziomów wody podziemnej oraz obserwacje poziomów piezometrycznych.

Z charakterystycznych warstw geologicznych pobierane są także próbki do dalszych szczegółowych badań laboratoryjnych. W zależności od ich przeznaczenia pobiera się różne rodzaje próbek:

o nienaruszonej strukturze NNS, o naturalnej wilgotności NW lub o naturalnym uziarnieniu NU (nowa klasyfikacja: A, B, C, 1, 2, 3, 4, 5).



## 1.1 Wiercenia ręczne

Wiercenie ręczne to najprostsza i najbardziej powszechna forma rozpoznawania płytkiego podłoża gruntowego, szczególnie w miejscach niedostępnych dla ciężkiego sprzętu polegająca na poborze prób gruntów z każdym obrotem świdra. Do wierceń ręcznych mogą być wykorzystywane różnego rodzaju zestawy świdrów (okienkowe, spiralne, rurkowe, uniwersalne) wraz ze sprzętem dodatkowym do przedłużania świdra, rury osłonowe itp. Średnica takich wierceń zawiera się w przedziale od 65÷90mm i jest dopasowana do ewentualnego rurowania otworu w przypadku napotkania zwierciadła wód podziemnych. Odwierty geotechniczne metodą ręczną wykonuje się standardowo do głębokości 5m – w dobrych warunkach gruntowych możliwe jest wykonanie otworu do głębokości 8÷10m. Innym urządzeniem do badań „ręcznych” jest małosrednicowy próbnik rdzeniowy tzw. RKS. Badanie to polega na pogrążaniu próbnika za pomocą młota wibracyjnego. Rdzenie pobierane są w sposób ciągły a ich długość (skok poboru próby) zależna jest od rodzaju próbnika i rodzaju gruntu.

## 1.2 Wiercenia mechaniczne rdzeniowane

Wiercenie rdzeniowe metodą wrzutową polega na wycinaniu prób rdzeniowych przy pomocy rdzeniówki o średnicy wiercenia np. 146mm i średnicy rdzenia 102mm. Zwiercanie górotworu odbywa się przy użyciu różnego rodzaju koronek widiowych oraz diamentowych stanowiących narzędzie urabiające rdzeniówki. Rdzeniówka wraz z zainstalowaną koronką wiertniczą, obracająca się na dnie otworu powodując zwiercanie pierścieniowej powierzchni gruntu / skały o polu powierzchni 85cm<sup>2</sup>, pozostała część górotworu w postaci rdzenia w kształcie walca wsuwana jest do rury rdzeniowej wraz z postępowaniem wiercenia.

Poszczególne fazy procesu poboru prób z otworu wiertniczego:

1. Faza wycinania próby – rdzenia z calizny górotworu,
2. Faza magazynowania rdzenia na dnie otworu – w rurze rdzeniowej,
3. Faza urywania rdzenia – odspojenia go od calizny górotworu.



4. Faza transportu próbki z dna otworu na powierzchnię
5. Faza opróżniania rury rdzeniowej – próbnika.

Proces wiercenia rdzeniowego metodą wrzutową rozpoczyna się od doboru narzędzia wierzącego na podstawie wcześniejszych analiz i przewidywań budowy geologicznej utworów przewiercanych:

1. Dobór odpowiedniej koronki wiertniczej;
2. Przygotowanie odpowiedniej płuczki wiertniczej jako stabilizacji otworu wiertniczego oraz nośnik zwiercin z dna otworu na powierzchnię oraz chłodziwo dla narzędzia urabiającego;
3. Przygotowanie aparatu rdzeniowego, regulacja pompy płuczkowej, regulacja prędkości obrotu rdzeniówki;
4. Proces wiercenia;
5. Podciąganie rdzeniówki celem urwania / odspojenia zmagazynowanego w rurze rdzeniowej rdzenia od górotworu;
6. Transport rury wewnętrznej rdzeniówki wrzutowej
7. Przygotowanie rdzenia wiertniczego do poboru prób laboratoryjnych.

### 1.3 Wiercenia mechaniczne rurowane i nierurowane

Otwory badawcze wykonuje się wiertnicą mechaniczną metodą udarowo-obrotową za pomocą narzędzi wiertniczych jak świdry, szapa i szlamówka. Badania przeprowadza się w gwintowanych, stalowych rurach osłonowych o średnicy 6"/8". Rury osłonowe składające się z odcinków łączonych w kolumnę. Dla zapewnienia szczelności połączeń poszczególnych łączonych odcinków rur osłonowych, gwinty pokrywane są smarem silikonowym.

W rejonach gdzie w otworze rozpoznawczym nie nawiercono wody gruntowej kolejne „suche” otwory w tych rejonach wykonywać można bez konieczności orurowania. Dla płytkiego rozpoznania możliwe jest zastosowanie otwory mogą być wykonywane ręcznie



świdrami ręcznymi 3,5" oraz systemem RKS (krótkie rdzeniowanie), jednak w tym przypadku niemożliwe jest pobranie prób kat A.

#### 1.4 Sondowania statyczne CPTu

Sondowanie statyczne CPTu polega na wciskaniu w podłoże gruntowe, ze stałą prędkością 20mm/s, specjalnej końcówki pomiarowej wraz z jednoczesnym pomiarem i rejestracją oporów generowanych podczas pogrążania sondy w grunt. Podstawowymi parametrami mierzonymi podczas badania są:  $q_c$  – opór na stożku sondy,  $f_s$  – opór tarcia na tulei ciernej,  $u_2$  – nadwyżka ciśnienia wody (ponad stan hydrostatyczny) w porach gruntu. Podział na warstwy geotechniczne ustala się na podstawie pomierzonych parametrów sondowania oraz na podstawie nomogramów klasyfikacji gruntów wg. Robertsona 90 i Campanelli uwzględniając ich modyfikację do warunków polskich i regionalnych oraz na podstawie doświadczeń własnych i własnych wzorów interpretacyjnych. Pomiar ciśnienia w porach gruntu  $u_2$  pozwala na uściślenie podziału na warstwy geotechniczne. Wartości parametrów wytrzymałościowych gruntów określono na podstawie danych zawartych w literaturze fachowej dotyczących zależności pomiędzy oporem na stożku  $q_c$  a stopniem zagęszczenia  $I_D$ , stopniem plastyczności  $I_L$ , modułem edometrycznym  $M_o$  ( $E_{od}$ ) wytrzymałością na ścinanie w warunkach bez odpływu  $c_u$ .

Podczas interpretacji wyników korzystano z następujących korelacji:

**Stopień zagęszczenia** gruntów niespoistych określono w zależności od wartości pomierzonego parametru  $q_c$  w oparciu o założenia zgodne z formułą zaproponowaną przez Borowczyka.

$$I_D = 0,709 \log(q_c) - 0,165$$

gdzie:

$q_c$  – Opór pod stożkiem pomierzony podczas badania CPTu.

**Efektywny kąt tarcia wewnętrzznego** dla gruntów niespoistych oszacowano na podstawie formuły DIN4094

$$\phi' = 23 + 13,5 \cdot \log(q_c)$$

Dla gruntów bardzo zagęszczonych wartości  $\phi'$  korygowano zgodnie z nomogramem Schmertmana.[47]



**Stopień plastyczności** wyznaczono zgodnie z formułą zaproponowaną przez GeoprojektGdańsk.

$$I_L = -0.261 \cdot q_c + 0.706 \quad (\text{dla gruntów plastycznych})$$

$$I_L = -0.014 \cdot (q_c) + 0.237 \quad (\text{dla gruntów twardoplastycznych})$$

**Edometryczny moduł ściśliwości** określono na podstawie formuły zaproponowanej w Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne. Część 2: „Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego”.

$$E_{oed} = q_c \cdot \alpha \quad [\text{MPa}]$$

Przyjęto współczynnik:

$$\alpha = 2,0 \quad \text{dla gruntów organicznych}$$

Dla torfów **Ia** zaleca się skorygować wartość podaną na wykresie sondowania o 50%

Z uwagi na brak korelacji lokalnych wsp.  $\alpha$  dla gruntów spoistych warstwy **II i III** wartości modułu ściśliwości wyznaczone na podstawie badania CPTu należy traktować jako orientacyjne. Uzyskane wyniki modułu  $E_{oed}$  dla namulów organicznych i gruntów próchnicznych w znacznym stopniu korelują z parametrami uzyskanymi podczas badań laboratoryjnych.

Dla oszacowania modułu ściśliwości gruntów niespoistych zastosowano formułę opracowaną przez Lunne T., Christoffersen H.P. (1985)

$$E_{oed} = q_c \cdot 4 \quad [\text{MPa}] \quad \text{dla } q_c < 10 \quad [\text{MPa}]$$

$$E_{oed} = q_c \cdot 2 + 20 \quad [\text{MPa}] \quad \text{dla } 50 > q_c > 10 \quad [\text{MPa}]$$

W oparciu o sondowanie CPTu wyznaczono również **wytrzymałość na ścinanie w warunkach bez odpływu**  $c_u$  na podstawie formuły wg Lune, T., Kleven A. (1981).

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{Nk}$$

Do obliczeń przyjęto wartość parametru

$$Nk = 15 \quad \text{– dla glin plejstocentrycznych}$$

$$Nk = 20 \quad \text{– dla glin holocentrycznych}$$

$$Nk = 25 \quad \text{– dla osadów organicznych}$$

Na podstawie literatury technicznej wartość współczynnika 'Nk' określa się w przedziale 10-19 przy czym dla gruntów organicznych wartości te są nieco większe.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu formuły interpretacyjne należy traktować jako propozycję autorów. Zwraca się uwagę, że podstawową wartością pomierzoną jest parametr  **$q_c$** ,



**fs i u2.** Ostateczna decyzja w zakresie zastosowanie parametrów wyprowadzonych dla potrzeb obliczeniowych należy do projektanta konstruktora sporządzającego projekt geotechniczny przedmiotowej inwestycji.

## 1.5 Sondowanie statyczne DMT

Sondowanie statyczne dylatometrem płaskim DMT polega na pomiarze ciśnienia gazu działającego na membranę na wybranych głębokościach podczas pogrążania łopatk dylatometrów w podłoże gruntowe. Najczęściej wykonuje się dwa odczyty, tj. A i B. Odczyt A odpowiada wartości ciśnienia gazu otrzymanej w początkowej fazie ruchu membrany (przesunięcie środka membrany o 0,05mm), prowadzącej do kontaktu z otaczającym gruntem. Drugi odczyt (B) wskazuje wartość ciśnienia gazu uzyskaną przy dodatkowym wychyleniu środka membrany w kierunku gruntu o 1,05 mm (łącznie 1,1mm). Po wykonaniu odczytów A i B można przeprowadzić trzeci odczyt C, odpowiadający ciśnieniu gazu po powrocie membrany do jej początkowej pozycji osiąganego przy odczycie parametrów. Wartości odczytów A, B i C podlegają skorygowaniu ze względu na wpływ oporu bezwładności membrany, co pozwala na wyznaczenie odpowiadających im ciśnień  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$ . Ciśnienia te razem z obliczoną wartością składowej pionowej efektywnego naprężenia ( $\sigma'_{vo}$ ) i wartością ciśnienia wody w porach ( $u_0$ ) oszacowanego w warunkach in situ służą do wyznaczenia następujących wskaźników (Marchetti 1980, Lutenegeger i Kabir 1988):

- Wskaźnik materiałowy ( $I_D$ )  
$$I_D = f(A, B, u_0) = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$$
- Wskaźnik naprężenia bocznego ( $K_D$ )  
$$K_D = f(A, u_0, \sigma'_{vo}, B) = (p_0 - u_0) / \sigma'_{vo}$$
- Moduł dylatometryczny ( $E_D$ )  
$$E_D = f(A, B) = 34,7 (p_1 - p_0)$$
- Wskaźnik ciśnienia wody w porach ( $U_D$ )  
$$U_D = f(A, C, u_0, B) = (p_2 - u_0) / (p_0 - u_0)$$





Do określenia rodzaju gruntu na podstawie wyników badań dylatometrycznych wykorzystywany jest nomogram opracowany przez Marchettiego i Crappa (1981). Interpretację wyników badań przeprowadza się na podstawie zależności wskaźnika materiałowego ( $I_D$ ) do modułu dylatometrycznego ( $E_D$ ) w skali log-log. W przypadku gruntów mineralnych, oprócz podziału gruntu na rodzaje, możliwe jest określenie ich stanu i wybranych parametrów jak  $C_u$ ,  $\phi'$ .

### 1.6 Ścinania sondą obrotową VANE (FVT)

Badania wykonuje się zgodnie z normą ISO/DIS 22476-9. Dla uniknięcia błędów pomiaru badania VANE należy przeprowadzić z wykorzystaniem elektronicznego systemu pomiarowego ze stałą prędkością ścinania i automatycznym zapisem pomiaru. Badanie to polega na pogrążaniu buławy ze schowaną końcówką krzyżakową na żądaną głębokości za pomocą np. siłownika hydraulicznego. Po uzyskaniu głębokości pomiarowej końcówka pomiarowa tzw. Krzyżak jest mechanicznie wysuwany z buławy na głębokości ok. 30cm z pomocą żerdzi wewnętrznych (popychaczy). Wykorzystując elektroniczne urządzenie wymuszany jest obrót końcówki pomiarowej ze stałą prędkością. Równolegle rejestrowany jest moment ścinający potrzebny do wykonania obrotu żerdzi i końcówki z zachowaniem stałej prędkości ścinania. System komputerowy rejestruje maksymalny moment ścinający. Po korekcie uwzględniającej opór żerdzi wewnętrznych wyliczana jest wartość wytrzymałości na ścinanie in-situ. Po zakończeniu badania – wykonaniu pełnego obrotu, końcówkę pomiarową podnosi się w taki sposób aby skrzydełka krzyżaka schowały się wewnątrz buławy (osłony krzyżaka). Następnie całą kolumnę wciska się na kolejną głębokość pomiarową.

### 1.7 Sondowania dynamiczne DPL/DPH i DPSH

Sondowanie dynamiczne służy do oceny stopnia zagęszczenia gruntów niespoistych. Badanie polega na wbijaniu kolumny żerdzi zakończonych końcówką stożkową o znormalizowanych wymiarach przy użyciu odpowiedniego ciężaru zrzucanego z normowej wysokości. Parametrem sondowania jest liczba uderzeń ubijaka sondy potrzebna do



zagłębienia żerdzi na odcinku 10 cm sondowania (DPL/DPH) i 20cm sondowania DPSH. Na podstawie liczby uderzeń oblicza się, wg wzoru empirycznego, stopień zagęszczenia  $I_D$  gruntów niespoistych. Sondowania dynamiczne lekkie DPL wykonano dla trasy głównej i dróg dojazdowych oraz serwisowych, natomiast dla obiektów inżynierskich wykonano sondowania DPH i DPSH.

W celu interpretacji sondowań dynamicznych stosowano następujące formuły:

- Dla sondowań DPL / DPSH – wg PN-B-04452/2002
- Dla sondowań DPH – wg DIN 4094/12-1990

Dopuszcza się stosowanie zamiennych korelacji pomiędzy parametrem pomierzonym  $N_{10}$  a stopniem zagęszczenia pod warunkiem spełnienia warunków brzegowych stosowania danej formuły interpretacyjnej.

W interpretacji dla gruntów nawodnionych uwzględniano występowanie zwierciadła wody podziemnej.

## 1.8 Sondowanie sondą BAT

Sondowanie sonda BAT wykonuje się w celu określenie in situ ciśnienia porowego oraz określenia przepuszczalności hydraulicznej gruntu dla wyznaczenia współczynnika filtracji. Sonda BAT (GeoN) jest urządzeniem pół automatycznym, które po przeprowadzeniu całej procedury badawczej (umieszczenie próbnika (końcówki sondy) w gruncie oraz wykonanie odczytu za pomocą automatu) pozwala na automatyczne określenie współczynnika filtracji  $k$ .

## 1.9 Sondowania SPT

Badanie sondą SPT polega na określeniu oporu gruntu w dnie otworu wiertniczego za pomocą dynamicznie zagłębianego próbnika w postaci dzielonego cylindra i otrzymanie naruszonych prób do badań. Próbnik należy zagłębiać w gruncie przez opuszczanie młota o masie 63,5 kg na kowadło lub podbabnik z wysokości  $760 \pm 10$  mm. Liczba uderzeń  $N(30)$  konieczna do osiągnięcia zagłębienia próbnika na głębokość 30 cm (mierzona po jego



wstępnym zagłębieniu na głębokość 15cm) jest oporem zagłębiania. Przy oznaczaniu stopnia zagęszczenia badanych gruntów zastosowano współczynniki odpowiednie dla danej głębokości (zgodnie z EN-ISO 22476-3:2005):

3,0-4,0 m  $\lambda=0,75$

4,0-6,0 m  $\lambda=0,85$

6,0-10,0 m  $\lambda=0,95$

>10,0 m  $\lambda=1$

## 2 Hydrogeologia

### 2.1 Piezometr –

Piezometr – punkt pomiarowy do monitorowania wahań zwierciadła wody podziemnej oraz do poboru wód podziemnych na cele monitoringu chemicznego (zanieczyszczenie).

Piezometr składa się z rury podfiltrowej (z reguły 0,5m), części filtrowej (filtra studziennego) oraz odcinka rury nadfiltrowej. Dodatkowo piezometr w części nadziemnej obudowuje się odpowiednią obudową do piezometrów PCV lub stalową (zależnie od potrzeb) zamykaną na kłódkę. Piezometr zabudowuje się podczas wiercenia w rurach osłonowych.

Projekt techniczny piezometru oraz metodyka wykonania piezometrów należy określić w projekcie robót geologicznych, który zatwierdza odpowiedni organ administracji geologicznej.

Po zatwierdzeniu projektu robót geologicznych i wykonaniu piezometrów opracowuje się inną dokumentację geologiczną i oddaje do przyjęcia przez ten sam organ administracji geologicznej.

Rodzaj piezometrów zależy od ich przeznaczenia tzn. czy są to punkty tymczasowe (do likwidacji po wykonaniu zadania) czy może są to punkty długookresowe. Dla krótkiego okresu użytkowania dopuszcza się wykonanie piezometrów jako rury PCV z filtrem (rura perforowana) owiniętym siatką studziarską, którą należy po obsadzeniu obsypać odpowiednim materiałem piaszczystym (żwirek). W przypadku długookresowych punktów pomiarowych należy instalować piezometry PCV ze specjalnym gotowym filtrem stałym (okleina żwirowa odcinka perforowanego piezometru lub okładzina żwirowa typu PAC – rolę filtra pełni żwir kwarcowy umieszczony w przestrzeni pierścieniowej pomiędzy dwoma rurami perforowanymi).



## 2.2 Węzeł hydrogeologiczny

Węzeł hydrogeologiczny jest to system min. 3 sztuk piezometrów wraz ze studnią pompową, monitorujących wahania zwierciadła wody podziemnej podczas próbnego pompowania wód podziemnych ze studni pompowej w celu określenia rzeczywistego współczynnika filtracji warstwy wodonośnej oraz zasięgu leja depresji.

Węzeł wykonuje się w ramach docelowej dokumentacji hydrogeologicznej dla celów odwodnienia wykopu otworami wiertniczymi, najczęściej dla projekcie obudowy wykopu, którego poziom projektowany jest poniżej lub w poziomie zwierciadła wody podziemnej.

Schemat piezometrów oraz studni pompowej, ilość piezometrów w węźle należy określić w projekcie robót geologicznych, który w pierwszej kolejności zatwierdza Inwestor i po akceptacji zatwierdza go odpowiedni organ administracji geologicznej. Z wykonania węzła oraz pomiarów terenowych opracowuje się odpowiednią dokumentację hydrogeologiczną, która podlega tej samej procedurze zatwierdzającej.

## 2.3 Tymczasowa studnia pompowa

Tymczasową studnię pompową stanowi piezometr z gotowym filtrem stałym tzw. klejona okładzina żwirowa odcinaka perforowanego.

## 3 Badania geofizyczne

Badania geofizyczne umożliwiają m.in.. określenie ciągłości warstw ośrodka gruntowego w obszarach pomiędzy wierceniami i sondowaniami statycznymi. Cel badań geofizycznych musi zostać określony przed rozpoczęciem badania, aby odpowiednio dostosować metodykę prowadzenia pomiaru.

Badania geofizyczne wykonywane na potrzeby geologii inżynierskiej można podzielić na grupy:

- **Badania geoelektryczne** - analiza rozchodzenia się prądu elektrycznego w badanym ośrodku pozwalająca na m.in. wykrywanie granic geologicznych



i geotechnicznych, określania rezystywności gruntu, określenie zwierciadła wód, poszukiwanie zasięgu zanieczyszczeń oraz wykrywania obiektów podziemnych.

- **Badania sejsmiczne** – analiza propagacji sztucznie indukowanych fal sejsmicznych w badanym ośrodku pozwalająca na m.in. wyznaczanie granic geologicznych, nieciągłości, poziomów wód gruntowych, zmian zagęszczenia, zjawisk osiadań i wykrywania obiektów podziemnych. Fale ulegają załamaniu, odbiciu i dyfrakcji. Zmiana parametrów ośrodka gruntowego wpływa na prędkość fali i jej tłumienie.
- **Badania georadarowe** - analiza zakłóceń odbitego sygnału fali elektromagnetycznej w badanym ośrodku pozwalająca na m.in. wyznaczanie granic geologicznych i geotechnicznych, zjawisk osiadań gruntu, pustek, wykrywanie obiektów podziemnych i poszukiwania kabli, rur lub kolektorów.
- **Badania elektromagnetyczne** - analiza zaburzenia indukowanego pola elektromagnetycznego w badanym ośrodku pozwalająca na określenie zasięgu zanieczyszczenia gruntu, lokalizowanie miejsc filtracji oraz wykrywanie obiektów podziemnych.
- **Badania mikrograwimetryczne** - analiza zmian przyciągania ziemskiego pozwalająca na znajdowanie rozluźnień i stref osłabienia podłoża oraz wykrywanie pustek. Najczęściej stosowane na terenach górniczych, ale również do lokalizacji podziemnych pomieszczeń, tuneli, krypt.

Najczęściej wykonywane na potrzeby geologii inżynierskiej są badania elektrooporowe, opisane szerzej poniżej.

### 3.1 Tomografia elektrooporowa ERT

Tomografia elektrooporowa ERT to metoda płytkiej geofizyki, najczęściej używana do wydzielenia warstw i określenia litologii podłoża gruntowego, określenia stabilności skarp, lokalizowania miejsc składowisk odpadów lub występujących zanieczyszczeń, a także struktur antropogenicznych (Evangelista i in, 2016). Pozwala na uzyskanie ciągłych pomiarów w sposób bezinwazyjny.



Dane dotyczące metodyki badań, geometrii profilu, jego zadanej długości i rozstawu elektrod są zadawane z góry, przed rozpoczęciem pomiaru.

Tomografia elektrooporowa wykorzystuje zróżnicowanie właściwości elektrycznych ośrodka gruntowego. Oporność skał zależy od kilku parametrów, m.in.:

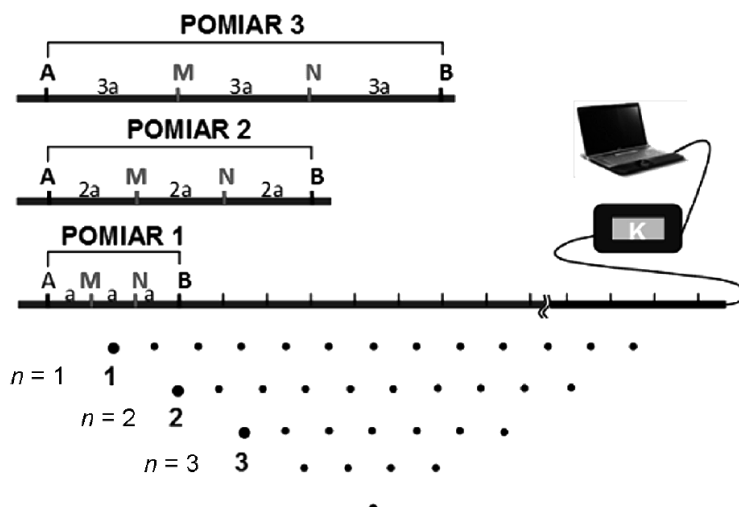
- obecności minerałów i płynów,
- porowatości,
- nasycenia wodą

oraz w przypadku gruntów przede wszystkim:

- wielkości ziaren,
- kohezji,
- wilgotności.

Wartości oporności ośrodków geologicznych zmieniają się w szerokim zakresie – mogą różnić się nawet o 7 rzędów wielkości  $\Omega m$ , zależąc silnie od obecności wody (Loke, 2014).

Tomografia elektrooporowa ERT umożliwia prowadzenie badań za pomocą kilkudziesięciu elektrod umiejscowionych w równych odstępach wzdłuż wytyczonej linii przekroju. Układ mikroprocesorów wybiera do przeprowadzenia pomiarów cztery spośród wszystkich elektrod, zgodnie z wybraną wcześniej metodą. Dwie z nich służą jako źródło prądu stałego, natomiast pozostała para umożliwia odczytywanie spadków napięcia. Schemat akwizycji danych przedstawiono poniżej (Rys. 1).



Rys. 1 Schemat akwizycji danych w metodzie ERT (Pasierb, 2012)

W trakcie badania możliwe jest określenie pozornej oporności elektrycznej ośrodka gruntowego pomiędzy źródłami napięcia.

Wielkość oporności pozornej zależy od układu elektrod i jest dana zależnością (Dźwinel, 1978):

$$\rho = K \frac{V_p^{MN}}{I} \quad [1]$$

$\rho$  – oporność elektryczna;

$K$  – geometryczny współczynnik układu pomiarowego, określający proporcjonalność między opornością właściwą ośrodka a oporem obwodu pomiarowego;

$V_p^{MN}$  – różnica napięć pomiędzy elektrodami pomiarowymi MN;

$I$  – natężenie prądu.

Tomografia elektrooporowa jest złożeniem profilowania i sondowania geoelektrycznego, w wyniku którego powstają przekroje geoelektryczne. (Pasierb, 2012).





Zasięg głębokościowy jest zależny przede wszystkim od metody pomiarowej (dla zastosowanej metody Schlumbergera wynosi  $1/5$  długości linii przekroju), ale wpływ mają także zasolenie, wilgotność czy porowatość (Pasierb, 2012).

Na podstawie serii przeprowadzonych przez urządzenie pomiarów, możliwe jest utworzenie trapezowego przekroju 2D. Kształt ten determinowany jest przez fakt zwiększania się odstępów pomiędzy aktywnymi elektrodami wraz z głębokością prowadzonych pomiarów, a w konsekwencji mniejszą ilością pomiarów w głębszych warstwach ośrodka.

Urządzenie badawcze gromadzi dane dotyczące zarejestrowanej oporności w czasie przepływu prądu pomiędzy zadanymi elektrodami. Procedurę processingu i interpretacji danych przeprowadza z wykorzystaniem inwersji 2D, aproksymując rozwiązania metodą iteracyjną do momentu uzyskania zadowalającego dokładności wielomianów odwzorowujących obraz geolektryczny ośrodka (Pasierb, 2012). Błędy pomiarowe rzadko są przypadkowe i zazwyczaj są silnie związane z przeprowadzoną inwersją (Daily i in., 2005).

### 3.2 Bibliografia

EVANGELISTA L., DE SILVA F., D'ONOFRIO A., DI FIORE V., SILVESTRI F., SCOTTO DI SANTOLO A., CAVUOTO G., PUNZO M. TARALLO D. , 2016, Application of ERT and GPR geophysical testing to the subsoil characterization of cultural heritage sites in Napoli (Italy), Measurement 2016, article in press

LOKE M.H, 2014, *Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*, [www.geotomosoft.com](http://www.geotomosoft.com)

DŻWINEL J., 1978, *Geofizyka. Metody geolektryczne, central Nigeria*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa

DAILY W., RAMIREZ A., BINLEY A., LABRECQUE D., 2005, *Electrical Resistance Tomography – Practice and Theory, Soc. Exploration Geophysics: Near Surface Geophysics (Investigations in Geophysics No. 13)*, ed. Dwaine Butler





PASIERB B., 2012, *Metoda tomografii elektrooporowej w rozpoznawaniu geologicznym podłoża i obiektów antropogenicznych*, Czasopismo Techniczne – seria Środowisko nr-2-Ś/2012

PASIERB B., 2012, *Techniki pomiarowe metody elektrooporowej*, Czasopismo Techniczne – seria Środowisko nr-2-Ś/2012



## Załącznik 2T

### Opis badań laboratoryjnych

<b>1</b>	<b>KATEGORIE PRÓBEK GRUNTU .....</b>	<b>127</b>
<b>2</b>	<b>WYTYCZNE DOTYCZĄCE PRÓBEK .....</b>	<b>127</b>
<b>3</b>	<b>BADANIA LABORATORYJNE.....</b>	<b>128</b>
3.1	OZNACZANIE WILGOTNOŚCI NATURALNEJ .....	128
3.2	ANALIZA GRANULOMETRYCZNA.....	129
3.3	GĘSTOŚĆ WŁAŚCIWA SZKIELETU GRUNTOWEGO .....	131
3.3.1	Metodą piknometru cieczowego .....	131
3.3.2	Metodą piknometru gazowego .....	132
3.4	ZAWARTOŚĆ CZĘŚCI ORGANICZNYCH .....	132
3.5	GRANICE ATTERBERGA.....	134
3.6	WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ .....	136
3.6.1	Metody pośrednie .....	136
3.6.1.1	Analiza sitowa.....	136
3.6.1.2	Badania edometryczne.....	137
3.6.2	Metody bezpośrednie .....	137
3.6.2.1	Badania ze stałym gradientem hydraulicznym .....	137
3.6.2.2	Badania ze zmiennym gradientem hydraulicznym .....	138
3.7	MINIMALNA I MAKSYMALNA GĘSTOŚĆ OBJĘTOŚCIOWA .....	139
3.8	BADANIE EDOMETRYCZNE .....	140
3.9	BADANIE W APARACIE BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA .....	142
3.10	BADANIE W APARACIE TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA.....	143
3.10.1	Badania typu UU.....	143
3.10.2	Badania typu CU .....	144
3.10.3	Badania typu CD .....	145
3.10.4	Zaawansowane badania trójosiowe.....	147



Opis badań laboratoryjnych jako powinny być stosowane w określaniu rodzaju i przynależności gruntu do odpowiedniej warstwy litologicznej. .

## 1 Kategorie próbek gruntu

Istnieją trzy metody pobierania próbek : A, B i C według PN-EN ISO 22475-1. Pozwalają one pobierać próbki w pięciu kategoriach jakości 1-5.

- Metody A – pobieranie próbek nienaruszonym, o zachowanej wilgotności naturalnej, wskaźniku porowatości i składzie chemicznym; jako jedyne pozwalają na otrzymanie próbek pierwszej i drugiej klasy (klasy 1-5);
- Metody B – pobieranie próbek o naruszonej strukturze, ale z zachowaną wilgotnością naturalną oraz składem chemicznym (klasy 3-5)
- Metody C – pobieranie próbek o naruszonej strukturze i naruszonej wilgotności (klasa 5).

## 2 Wytyczne dotyczące próbek

Pobrane próbki należy numerować, rejestrować i oznaczać etykietą natychmiast po pobraniu z otworu wiertniczego lub wykopu.

Etykieta próbki powinna zawierać następujące dane:

- datę pobrania próbki
- numer otworu wiertniczego
- głębokość pobrania próbki
- numer identyfikacyjny

Rdzenie po pobraniu powinny zostać natychmiast zabezpieczone w celu zachowania ich naturalnej wilgotności. Próbki powinny być prawidłowo oznaczone, informując gdzie znajduje się część górna, a gdzie podstawa próbki. Rdzenie powinny być przenoszone



i magazynowane w taki sposób, aby nie naruszyć ich struktury. Próbki należy chronić przed upałem, mrozem, wibracją i wstrząsami podczas transportu i magazynowania.

Szczególnie należy chronić próby o strukturze nienaruszonej, by zapobiec ich odkształceniom i stratom wody (zmianie wilgotności). Materiał, z którego wykonane są pojemniki do przechowywania prób, nie powinien reagować z zawartym w nich gruntem.

Do badań powinna być wzięta, w miarę możliwości, reprezentatywna próbka gruntu z pobranej próby. Klasyfikację, oznaczenie i opis gruntu należy wykonać zgodnie z EN ISO 14688-1 i EN ISO 14688-2.

### 3 Badania laboratoryjne

#### 3.1 Oznaczanie wilgotności naturalnej

Wymagana kategoria: 1-3

Cel: metoda pozwala oznaczyć wilgotność naturalną gruntu rozumianą jako stosunek masy wody gruntu do masy gruntu wysuszonego, wyrażony w procentach. Jeśli próba zawiera więcej niż jeden rodzaj gruntu, wilgotność powinna być oznaczana na próbkach reprezentujących poszczególne rodzaje gruntów.

Szczególną uwagę powinno zwracać się na temperaturę suszenia, gdyż zbyt wysoka może mieć szkodliwy wpływ na mierzone wartości. Optymalna temperatura to 105°C.

Skrócony opis: Rekomendowana wielkości próbki do badania zależy od maksymalnej wielkości ziaren:

- 0,063 mm – 30g
- 2,0 mm – 100 g
- 10,0mm – 500g
- 31,5mm – 3000g
- 63 mm – 21000g



Przed badaniem należy dokładnie umyć i wysuszyć naczynka wagowe oraz pokrywki. Następnie należy zważyć czyste, suche i chłodne naczynka wraz z pokrywką z dokładnością 0,01g i umieścić odważoną próbkę gruntu w naczynku wagowym wraz z pokrywką. Naczynko z gruntem umieszcza się w suszarce i suszy w temperaturze 105°C do stałej masy. Kontrolę suszenia przeprowadza się po 16 h, po czym ponownie umieszcza się naczynko w suszarce na 1h. Po upływie 1h, przekłada się je do eksykatora i po ostygnięciu waży. Jeśli masa nie zmieniła się, to proces suszenia można uznać za zakończony i obliczyć wilgotność. Procedurę należy powtórzyć dwukrotnie i wyciągnąć wartość średnią.

Normy odniesienia: *PKN-CEN ISO/TS 17892-1:2009* lub *PN-B-04481:1988*.

### 3.2 Analiza granulometryczna

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: metoda pozwala określić skład granulometryczny gruntu, co umożliwia również jego klasyfikację. Dla gruntów zawierających mniej niż 10% cząstek drobnych ( $<0,0063$ ) stosuje się metodę sitową. Dla gruntów o zawartości cząstek drobnych większej niż 10% ( $>0,0063$ ) można stosować połączenie metody sitowej i areometrycznej.

Skrócony opis: rekomendowana wielkość próbki, po wysuszeniu do stałej masy :

- 250 g – piasek drobny
- 250 – 500 g – piasek średni
- 500 – 5000 g – piasek gruby, pospółki i żwir

Grunt zawierający powyżej 10% cząstek drobnych należy przygotować na mokro, tj. przemyć przed przeprowadzeniem analizy sitowej. Wysuszony materiał przesiać przez zestaw co najmniej 12 sit o wielkości od 0,063 mm do 125 mm. Czas przesiewania ręcznego to co najmniej 2 min, na wstrząsarce 10 min. Następnie należy zważyć materiał pozostały na kolejnych sitach oraz pozostały na denku. Masy



pozostałe na sitach nie powinny przekraczać podanych wartości, aby sito nie było przeciążone (dla sita o średnicy 300 mm)

- 0,063 – 0,50 kg
- 0,125 – 0,75 kg
- 0,250 – 1,2 kg
- 0,500 – 2,2 kg
- 1,18 – 3,5 kg

Na koniec należy obliczyć łączną masę gruntu pozostałą na każdym sicie i denku. Jeżeli różni się od początkowej masy o  $>1\%$ , należy powtórzyć przesiewanie.

W przypadku badań areometrycznych, należy przygotować dla :

- Gruntów piaszczystych próbkę o wielkości do 75 g
- Gruntów spoistych z małą ilością piasku lub bez piasku próbkę o wielkości 30 – 50 g
- Plastycznych i miękkoplastycznych ilów próbkę o wielkości do 10-30 g

Przed badaniem areometrycznym należy oznaczyć wilgotność, oznaczyć gęstość właściwą stosując oddzielną próbkę oraz usunąć części organiczne lub węglany, jeśli ich ilość jest znacząca (stosując kwas solny (0,2M(+/-1%))). Próbkę umieszcza się w kolbie stożkowej, dodając 100 ml czynnika rozpraszającego (heksametafosforan sodu 40 g/l lub pirofosforan sodu 20g/l). Następnie należy wstrząsać do całkowitego rozproszenia oraz przemyć na sicie 0,0063mm, tak, aby strumień wody nie przekraczał 800 ml. Zawiesinę przechodzącą przez sito przenosi się do cylindra pomiarowego i uzupełnia ilość roztworu do 1 l. Materiał na sicie przenosi się do parowniczk i suszy, a po ostygnięciu materiał przesiewa przez sito o najmniejszych oczkach. Materiał przechodzący przez sito należy dodać do cylindra sedymentacyjnego. Zawiesina powinna zostać nienaruszona przez co najmniej 12 h. Należy przygotować także roztwór odniesienia. Następnie zawiesinę należy energicznie wstrząsnąć do momentu całkowitego zawieszenia cząsteczek, cylinder odstawić i rozpocząć mierzenie czasu. Areometr zanurza w wodzie tak, aby



mógł się swobodnie unosić. Odczyt przeprowadza się z menisku górnego z dokładnością do 0,001 g/ml. Areometr wyjmuje się powoli, a następnie płucze i umieszcza w roztworze odniesienia, a odczytaną wartość zapisuje jako  $R_0$ . Tak należy postępować dla zapisu dla 30s, 1min i 2 min Areometr należy ponownie włożyć do zawiesiny w odpowiednich przedziałach czasu, około 15 s przed odczytem ( 4, 8, 30, 60, 120, 480 min i 24h).

Po 15 min należy odnotować temperaturę zawiesiny, a później powtarzać odczyt po każdym odczycie areometru.

Uwagi: Wykres składu granulometrycznego pozwala, poza klasyfikacją gruntu : umożliwia obliczenie współczynników filtracji oraz podział gruntu w odniesieniu do jego wysadzinowości.

Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2009 lub PN-B-04481:1988

### 3.3 Gęstość właściwa szkieletu gruntowego

#### 3.3.1 Metodą piknometru cieczowego

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: Określenie gęstości właściwej szkieletu gruntowego badanego gruntu

Skrócony opis:

Reprezentatywną próbkę gruntu o zmierzonej masie wynoszącej powyżej 10g należy umieścić wewnątrz piknometru o znanej objętości. Grunty o zamkniętych porach należy uprzednio rozkruszyć w moździerzu. Następnie należy dolać wody destylowanej do piknometru, tak aby jej poziom był o około 10-20 mm powyżej poziomu gruntu. Po odpowietrzeniu próbki poprzez mieszanie, podgrzewaniu lub użycie podciśnienia należy uzupełnić ilość płynu wewnątrz piknometru i zważyć go.

Gęstość właściwa jest określana na podstawie różnicy pomiędzy masą piknometru z próbką i wodą destylowaną, a masą piknometru wypełnionego wyłącznie wodą destylowaną.



Jeśli próbka gruntu nie została wysuszona przed badaniem gęstości właściwej należy określić wilgotność próby po badaniu. Na potrzeby obliczeń brana pod uwagę jest wyłącznie masa sucha gruntu.

Gęstość właściwą szkieletu gruntowego należy oznaczyć co najmniej dwukrotnie. Jeśli różnica pomiędzy kolejnymi oznaczeniami wynosi powyżej  $0,03 \text{ g/cm}^3$  badanie powinno być powtórzone.

Normy odniesienia: PN-EN-ISO 17892-3

### 3.3.2 Metodą piknometru gazowego

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: Określenie gęstości właściwej szkieletu gruntowego badanego gruntu

Skrócony opis:

Grunt przed badaniem gęstości właściwej szkieletu gruntowego należy wysuszyć i rozetrzeć w moździerzu. Próbkę o znanej masie należy umieścić wewnątrz komory pomiarowej urządzenia, tak by wypełnić ją co najmniej w 75%. Następnie do komory wtłaczany jest gaz. Gęstość właściwa szkieletu gruntowego określana jest na podstawie różnicy ciśnień pomiędzy pomiarem komory pustej, a z próbką gruntu. Obliczenia należy wykonywać zgodnie z zaleceniami producenta sprzętu pomiarowego.

Gęstość właściwą szkieletu gruntowego należy oznaczyć co najmniej trzykrotnie. Jeśli różnica pomiędzy kolejnymi oznaczeniami wynosi powyżej  $0,03 \text{ g/cm}^3$  badanie powinno być powtórzone.

Normy odniesienia: PN-EN-ISO 17892-3

### 3.4 Zawartość części organicznych

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: Określenie ustalonymi metodami zawartości części organicznych w gruncie





#### Oznaczanie strat masy przy prażeniu wg PN-88/B-04481

Skrócony opis: Metoda polega na rozkładzie termicznym substancji organicznej przeprowadzonym w piecu elektrycznym.

Z próbki o masie 30-50g wysuszonej do stałej masy w 105°C należy odważyć około 10g gruntu, wsypać do suchego tygielka i zważyć z dokładnością do 0,01g. Tygielkę wraz z gruntem należy przez co najmniej 4h prażyć w temperaturze 600-800°C. Po ostudzeniu w eksykatorze tygielkę z zawartością należy zważyć z dokładnością 0,01g i ponownie prażyć przez dalsze 3-4h. Czynności te należy powtarzać aż do uzyskania stałej masy. Zawartość części organicznych oblicza się przez porównanie masy próbki wysuszonej do stałej masy przed jej spalaniem i po jej spalaniu (prażeniu).

Uwagi: Jeśli w próbce występują węglany, siarczki lub minerały ilaste to ostateczny wynik będzie sumą strat masy wywołanej spalaniem substancji organicznej oraz rozpadem minerałów ilastych, węglanów i siarczków.

Inne warunki stosowane przy oznaczaniu strat masy przy prażeniu wg. norm zalecanych przez Eurokod 7 przedstawiono w tabeli poniżej:

Norma	Temperatura suszenia [°C]	Temperatura prażenia [°C]
ASTM D2974-87	105	440±25
BS 1377-3:1990	50	440±25
DIN 18128:1990-11	60	550

Normy odniesienia: PN-88/B-04481, PN-EN 1997-2

#### Oznaczanie zawartości substancji organicznej metodą utleniania

Skrócony opis: Zasada oznaczania zawartości części organicznych polega na określeniu straty masy gruntu wysuszonego w temperaturze 105-110°C powstałej na skutek oddziaływania 30% roztworu nadtlenu wodoru na próbkę gruntu.

Należy odważyć w zlewce około 10g wysuszonego gruntu i całość zważyć z dokładnością do 0,01g. Do zlewki wlać około 30cm<sup>3</sup> 30% roztworu nadtlenu wodoru, przykryć zlewkę szkiełkiem zegarkowym i podgrzewać stopniowo do temperatury



60oC. Należy zwrócić uwagę by wartość zlewki nie pieniała się zbyt silnie i nie przyskała. Podgrzewanie należy prowadzić w ciągu około 3h, aż do chwili, gdy po dodaniu kolejnych 10cm<sup>3</sup> roztworu nadtlenu wodoru nie będą się już wydzielały pęcherzyki gazu. Po zakończeniu podgrzewania zawartość zlewki należy gotować aż do uzyskania zawiesiny o gęstej konsystencji. Następnie zlewkę wstawić do suszarki i suszyć do stałej masy w temperaturze 105-110oC. Po ochłodzeniu w eksykatorze do temperatury pokojowej zlewkę wraz z zawartością należy zważyć z dokładnością do 0,01g i obliczyć procentową zawartość części organicznych.

Uwagi: Metody nie można stosować w przypadku gruntów o zawartości substancji organicznej ponad 10% lub gdy badany grunt zawiera makroskopowo widoczne części drewna, roślin itp. Zaleca się wtedy stosowanie metody prażenia.

### 3.5 Granice Atterberga

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: Określenie konsystencji gruntu oraz jego granicy płynności i plastyczności.

Skrócony opis: Granice konsystencji obejmują granicę płynności, granicę plastyczności i granicę skurczalności.

Przygotowanie pasty gruntowej

Z dostarczonego do badania gruntu należy pobrać reprezentatywną próbkę o masie około 200g przechodzącego przez sito 0,4 mm lub 300g gruntu w przypadku stosowania metody przesiewania „na mokro”. W przypadku gdy grunt zawiera grubsze ziarna należy je w miarę możliwości usunąć ręcznie z badanej próbki. Masę próbki należy oznaczyć z dokładnością do 0,01g. Na kolejnej, reprezentatywnej próbce tego samego gruntu należy oznaczyć jej wilgotność. Zważoną próbkę należy umieścić w parownicy i zalać całkowicie wodą, a następnie mieszać aż do uzyskania zawiesiny. Zawiesinę przelać przez sito o oczkach 2mm, umieszczone na sicie o wymiarze oczek 0,4mm lub zbliżonym. Należy użyć minimalnej ilości wody destylowanej do wypłukania cząstek gruntu z sit, aż do momentu, gdy woda przechodząca przez sito 0,4mm stanie się wizualnie czysta. Wszystkie produkty przemycia należy zebrać. Materiał pozostały na sitach należy wysuszyć w 105°C i



zważyć z dokładnością do 0,01g. Zebrane produkty przemycia pozostawić na czas ich sedimentacji, a czystą wodę znad osadu odlać. Zawiesinę należy osuszyć aż do uzyskania pasty gruntowej.

#### Oznaczenie granic płynności metodą penetrometru stożkowego

Pastę gruntową należy dokładnie wymieszać, aż do uzyskania konsystencji odpowiadającej danej penetracji wstępnej. Do przygotowania pasty stosować wodę destylowaną. Oczekiwane parametry penetracji stożka podano w poniższej tabeli.

Oczekiwane parametry penetracji stożka	80g/30°	60g/60°
Penetracja wstępna	około 15mm	około 7 mm
Zasięg penetracji	od 15 do 25 mm	od 7 do 15 mm
w <sub>L</sub> oznacza się dla penetracji równej	20 mm	10 mm

Przygotowaną pastą gruntową należy napęlić pierścień, a następnie przy użyciu noża wyrównać powierzchnię gruntu. Należy zwrócić uwagę by nie dopuścić do uwiecznienia w gruncie pęcherzyków powietrza. Pierścień z pastą gruntową należy umieścić na podstawie penetrometru, a następnie zablokowany stożek obniżyć tak, by dotykał on powierzchni gruntu w pierścieniu. Stożek należy uwolnić powodując jego swobodny spadek. Pograżenie stożka w gruncie należy odczytać z dokładnością do 0,1 mm. Następnie pastę gruntową należy powtórnie wymieszać i ponownie wykonać czynności w celu uzyskania drugiej wartości zagłębienia stożka. Jako wielkość miarodajną należy przyjąć średnią arytmetyczną obu wartości, jeśli ich różnica nie jest >0,5 mm. Z pozostałego gruntu należy pobrać próbkę o masie ok. 10g do oznaczenia wilgotności. Wszystkie czynności należy powtórzyć tak, by uzyskać co najmniej 4 punkty w zasięgu penetracji zależnym od rodzaju użytego stożka. Wilgotności próbki nie należy naprzemiennie zwiększać i zmniejszać w danym badaniu, lecz stopniowo zwiększać ją albo zmniejszać. Aby zwiększyć wilgotność należy dodać wody destylowanej i dokładnie zmieszać z gruntem. W celu



obniżenia wilgotności należy rozłożyć (rozsmarować) próbkę na płytce lub w parownicze i ostrożnie przemieszać szpachelką.

Uwagi: Granica płynności jest równa wilgotności, przy której grunt zmienia swoją konsystencję z plastycznej na płynną. Granica plastyczności gruntu jest to najniższa wilgotność, przy której grunt pozostaje w stanie plastycznym. Alternatywną metodą do użycia penetrometru stożkowego jest metoda Casagrande'a, ale jej wyniki są silniej zależne od sposobu prowadzenia badania i oceny osoby je wykonującej, dlatego też zalecane jest użycie metody penetrometru stożkowego. Metoda ta daje bardziej wiarygodne wyniki, szczególnie dla gruntów o małej wartości wskaźnika plastyczności.

Do badania można używać stożka 60g/60° lub 80g/30°.

W przypadku gruntów zawierających dużą ilość cząstek gruboziarnistych bardziej właściwe może okazać się obliczenie stopnia plastyczności i wskaźnika konsystencji w oparciu o wilgotność frakcji przechodzącej przez sito 0,4 mm.

Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009 lub PN-B-04481:1988.

### 3.6 Wodoprzepuszczalność

#### 3.6.1 Metody pośrednie

##### 3.6.1.1 Analiza sitowa

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: Określenie współczynnika wodoprzepuszczalności

Skrócony opis:

Możliwe jest określenie przybliżonego współczynnika wodoprzepuszczalności dla gruntów niespoistych na podstawie składu granulometrycznego. Istnieje wiele wzorów empirycznych opisujących wskaźnik filtracji na podstawie krzywej uziarnienia. Jednym z najczęściej używanych jest wzór USBC ( „wzór amerykański”) uzależniający współczynnik filtracji od średnicy zastępczej  $d_{20}$ :

$$k = 0,0036 \cdot d_{20}^{2,3}$$



Specyfikacja techniczna **PN-CEN ISO/TS 17892-4** nie określa jednak jakiego wzoru powinno używać się do obliczeń.

### 3.6.1.2 Badania edometryczne

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Określenie współczynnika wodoprzepuszczalności

Skrócony opis:

Współczynnik wodoprzepuszczalności można określić w sposób przybliżony przy okazji wykonywania badań edometrycznych. Na podstawie kształtu krzywych konsolidacji można określić współczynnik konsolidacji ( $c_v$ ). Do jego określenia najczęściej wykorzystuje się graficzne metody Casagrande'a oraz Taylora. Współczynnik filtracji jest również zależny od edometrycznego modułu ścisłości pierwotnej ( $M_0$ ) oraz gęstości wody.

Powyższe zależności opisane są wzorem:

$$k = \frac{c_v \cdot \gamma_w}{M_0}$$

### 3.6.2 Metody bezpośrednie

#### 3.6.2.1 Badania ze stałym gradientem hydraulicznym

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Określenie współczynnika wodoprzepuszczalności

Skrócony opis:

Stosunek prędkości przepływu do gradientu hydraulicznego, w przypadku przepływu laminarnego, zgodnie z prawem Darcy'ego, nazywamy współczynnikiem filtracji. Jedną z dwóch podstawowych metod wyznaczenia współczynnika filtracji jest metoda stałego gradientu hydraulicznego.

Próbka przed badaniem powinna zostać nasycona wodą.. W czasie badania różnica ciśnień pomiędzy końcami próbki powinna być stała. Większe ciśnienie powinno być aplikowane u spodu próbki, by wymusić ruch wody ku górze. Współczynnik filtracji określa się na



podstawie ilości wody jaka przepłynęła przez próbkę o określonych wymiarach w czasie, przy założonym gradiencie hydraulicznym .

$$k = \frac{Q \cdot l}{A \cdot h}$$

Gdzie:

Q – wydatek ( ilość wody jaka przepłynęła przez próbkę do czas)

l – wysokość próbki

A - powierzchnia przekroju poprzecznego

P – różnica ciśnień

Obliczenia prowadzi się dla okresu, w którym następował przepływ ustalony

Badanie ze stałym spadkiem hydraulicznym może być wykonywane w różnych urządzeniach takich jak: permametr, aparat trójosiowego ściskania, konsolidometr.

Dobór właściwego aparatu do badań jest zależny od rodzaju gruntu.

Współczynnik filtracji jest zależny od temperatury w jakiej prowadzone są badania, oraz naprężania konsolidacyjnego jakiemu poddana została próbka przed badaniem.

Współczynnik filtracji powinien zostać przeliczony do temperatury odniesienia równej 10°C

Norma: **PKN-CEN ISO/TS 17892-11**

### **3.6.2.2 Badania ze zmiennym gradientem hydraulicznym**

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Określenie współczynnika wodoprzepuszczalności

Skrócony opis:

Stosunek prędkości przepływu do gradientu hydraulicznego, w przypadku przepływu laminarnego, zgodnie z prawem Darcy'ego, nazywamy współczynnikiem filtracji. Jedną z dwóch podstawowych metod wyznaczenia współczynnika filtracji jest metoda zmiennego gradientu hydraulicznego.



Zmienny gradient hydrauliczny uzyskuje się przez opadanie wody w rurce piezometrycznej znajdującej się powyżej badanej próbki. Woda powinna przepływać od dołu ku górze próbki. Należy mierzyć zmiany wysokości poziomu cieczy w rurce piezometrycznej. Współczynnik filtracji uzyskuje się z liniowej części krzywej opisanej wzorem:

$$k = \frac{a \cdot l}{A \cdot t} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Gdzie:

- a – poprzeczne pole rurki piezometrycznej
- l – wysokości próbki w czasie badania
- A – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki
- t – przedział czasu pomiędzy pomiarami
- h<sub>1</sub> – poziom piezometryczny na początku przedziału czasu
- h<sub>2</sub> – poziom piezometryczny na końcu przedziału czasu

Badania ze zmiennym gradientem hydraulicznym najczęściej wykonywane są w zmodyfikowanej komorze do badań edometrycznych. Możliwe jest również wykonywanie badań tego typu w innych urządzeniach takich jak aparat do badań trójosiowych.

Współczynnik filtracji jest zależny od temperatury w jakiej prowadzone są badania, oraz naprężania konsolidacyjnego jakiemu poddana została próbka przed badaniem. Współczynnik filtracji powinien zostać przeliczony do temperatury odniesienia równej 10°C

Norma: **PN-CEN ISO/TS 17892-11**

### 3.7 Minimalna i maksymalna gęstość objętościowa

Wymagana kategoria: 1-4

Cel: Oznaczenie gęstości odniesienia dla stopnia zagęszczenia - I<sub>D</sub>





Skrócony opis:

Do przeprowadzenia pomiaru minimalnej i maksymalnej gęstości objętościowej gruntów niespoistych potrzeba naczynia metalowego w kształcie cylindra o pojemności około 500 cm<sup>3</sup> wraz z tłoczkiem oraz widełek wibracyjnych i lejka. Z gruntu przeznaczonego do badań należy pobrać próbkę o objętości co najmniej 600 cm<sup>3</sup> i wysuszyć w temperaturze 105-110 °C

Wysuszoną próbkę gruntu należy wsypać przy pomocy lejka do cylindra o znanej objętości i masie. Początkowo należy oprzeć lejek o spód naczynia, a następnie powoli podnosić. Po napełnieniu cylindra gruntem należy wyrównać powierzchnię naczynia równo z jego krawędziami przy pomocy noża o płaskim ostrzu. Na podstawie objętości naczynia i masy gruntu uzyskuje się minimalną gęstość objętościową.

Kolejnym krokiem jest umieszczenie na powierzchni gruntu tłoczka i zagęszczanie poprzez uderzanie widełkami mechanicznymi. Zagęszczanie należy prowadzić do momentu w którym tłoczek przestaje się zagłębiać. Znając zagłębienie tłoczka można obliczyć objętość jaką zajmuje grunt. Na jej podstawie, znając masę próbki uzyskuje się maksymalną gęstość objętościową.

Oznaczenie minimalnej gęstości objętościowej należy powtórzyć pięciokrotnie, za ostateczny wynik przyjmując minimalną uzyskaną wartość.

Oznaczenie maksymalnej gęstości objętościowej należy powtórzyć trzykrotnie, za ostateczny wynik przyjmując maksymalną uzyskaną wartość

Normy odniesienia: PN-B-04481:1988

### 3.8 Badanie edometryczne

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Uzyskanie parametrów opisujących procesy konsolidacji gruntu.

Skrócony opis:





Przed badaniem należy zważyć i określić wymiary pierścienia użytego do pomiarów. Pierścień należy całkowicie wprowadzić we fragment gruntu o nienaruszonej strukturze, a następnie odciąć nadmiar materiału i wyrównać obie powierzchnie próbki. Możliwe jest także wykonanie badań na próbkach gruntu o strukturze odtworzonej.

Pierścień z gruntem należy umieścić w komorze konsolidacyjnej pomiędzy dwiema płytkami porowymi. Bezpośrednio pod i nad próbką powinien znajdować się także papier filtracyjny. Próbkę należy zabezpieczyć przed utratą wilgoci, co można osiągnąć przez zalanie komory wodą. W przypadku gruntów pęczniejących należy rozważyć inne formy zabezpieczenia próbki.

Płytę obciążeniową ustawia się centralnie na górnej płytce porowatej. Jeśli zastosowany jest system belkowy, to wychylenie belki w górę powinno być takie, aby w trakcie badania położenie środka było poziome, czyli musi ono odpowiadać maksymalnemu wychyleniu w dół. Ścieżka naprężeń powinna być wcześniej ustalona, a odczyty prowadzone w takich przedziałach czasu, aby było możliwe sporządzenie krzywej zależności ściśliwości od czasu. Ścieżka naprężeń powinna odpowiadać warunkom w jakich będzie pracował grunt. Dobranie złej ścieżki naprężeń powoduje uzyskanie niesatysfakcjonujących wyników.

W czasie badań edometrycznych można uzyskać parametry takie jak:

- edometryczny moduł ściśliwości pierwotny ( $M_0$ )
- edometryczny moduł ściśliwości wtórny ( $M$ )
- współczynnik ściśliwości objętościowej ( $m_v$ )
- współczynnik konsolidacji ( $C_v$ )
- współczynnik filtracji ( $k$ )
- pozorne naprężenie prekonsolidacyjne ( $\sigma'_p$ )
- wskaźnik ściśliwości gruntu ( $C_c$ )
- wskaźnik ściśliwości odprężenia ( $C_s$ )
- współczynnik ściśliwości wtórnej ( $C_\alpha$ )



Uwagi: Ścieżka naprężenia odpowiada jednoosiowemu odkształceniu. Drenaż próbki jest jednowymiarowy i jednoosiowy. Badanie opiera się na założeniu, że grunt jest nasycony i w innym przypadku może nie mieć sensu fizycznego. Badanie jest przydatne do obliczania wielkości i czasu osiadania w posadowieniach.

Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-5:2009 lub PN-EN 4481-1988 .

### 3.9 Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Oznaczenie wytrzymałości na ścinanie efektywne gruntu, szczególnie przy robotach ziemnych i fundamentowaniu.

Skrócony opis:

Próbkę należy przygotować, zważyć i umieścić w aparacie tak, aby zminimalizować ryzyko jej naruszenia lub zmiany wilgotności. Aby zapobiec tarcia między dwiema częściami skrzynki, stosuje się smar silikonowy. Po umieszczeniu próbki należy zadać ciśnienie konsolidacyjne, a następnie prowadzić odczyt zmiany jej wysokości do czasu ukończenia konsolidacji. Przed ścinaniem, skrzynkę należy rozkręcić tak, aby pojawił się prześwit między jej połowami. Próbkę należy ścinać ze stałą prędkością, która nie powinna przekraczać 0,5 mm/min dla gruntów niespoistych oraz prędkości obliczonej na podstawie przebiegu konsolidacji. Po zakończeniu badania próbkę należy zważyć, wysuszyć i oznaczyć jej wilgotność.

Badanie wykonuje się przeprowadzając ścinanie co najmniej trzech próbek przy różnych ciśnieniach konsolidacyjnych.

Uwagi: Metoda polega na poddaniu gruntu obciążeniu z odprowadzeniem wody (jeśli jest konieczne nawodnienie) lub konsolidacyjny pod obciążeniem normalnym.



Następnie jedna część skrzynki przemieszcza się względem drugiej, przy jednoczesnym pomiarze siły ścinającej oraz poziomych przemieszczeń. Ścinanie należy prowadzić na tyle wolno, aby nastąpiła dyssypacja wody w porach i naprężenia efektywne były równe całkowitym. Ze względu na brak możliwości pomiaru ciśnienia porowego ścinanie ze zbyt wysoką prędkością prowadzi do wypaczenia rezultatów badania.

Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-10

### 3.10 Badanie w aparacie trójosiowego ściskania

#### 3.10.1 Badania typu UU

Wymagana kategoria: 1

Cel: Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych gruntu

Badanie polega na szybkim ścięciu (zniszczeniu) próbki gruntu w aparacie trójosiowego ściskania w warunkach bez drenażu, po 10 minutach od ustabilizowania się ciśnienia wody wewnątrz komory do badań. Symuluje to warunki w których obciążenie jest przykładane w szybkim czasie – np. montaż dużej aparatury przemysłowej przy pomocy dźwigu.

Badania typu UU wykonuje się głównie na próbach z gruntów spoistych mineralnych oraz organicznych o nienaruszonej strukturze, wilgotności i uziarnieniu. Głównym parametrem jaki uzyskuje się w czasie tego typu badania jest **Su** ( oznaczane również jako **Cu** ) czyli wytrzymałość na ścianie bez odpływu. Jednostką parametru **Su** jest kilopascal (kPa).

Warunkiem uzyskania prawidłowych wartości parametru **Su** jest pełne nasycenie wodą próbki. Zaleca się wykonanie badania na 3 próbkach przy różnych ciśnieniach wewnątrz komory do badań trójosiowych i przyjęcie parametru **Su** jako średniej z 3 testów.



Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-8

### 3.10.2 Badania typu CU

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych gruntu

Badanie polega na ścięciu (zniszczeniu) w warunkach bez drenażu serii minimum trzech próbek uprzednio skonsolidowanych przy różnych ciśnieniach efektywnych.

Badania trójosiowe tego typu składa się z trzech zasadniczych etapów:

1) Saturacji – W czasie której próbka jest nasączana wodą. Warunkiem przejścia do kolejnego etapu jest osiągnięcie pełnego nasycenia próbki wodą. Jest to sprawdzane w sposób pośredni przy pomocy parametru B Skempton.

2) Konsolidacji - W czasie której następuje zagęszczanie gruntu na skutek działania ciśnienia efektywnego. W czasie konsolidacji następuje odpływ wody z próbki. Etap konsolidacji powinien trwać co najmniej do momentu zakończenia konsolidacji pierwotnej. Próbkę mogą być konsolidowane w sposób izotropowy bądź anizotropowy.

3) Ścinania- W czasie którego próbka jest niszczone poprzez ściskanie w określonym tempie. Prędkość z jaką jest ścinana próbka jest zależna od czasu konsolidacji. Z zależności pomiędzy parametrami próbki monitorowanymi w czasie etapu ścinania uzyskuje się współczynniki opisujące wytrzymałość gruntu.

Badania typu CU wykonuje się na najczęściej próbach z gruntów spoistych mineralnych o nienaruszonej strukturze, wilgotności i uziarnieniu. Głównymi parametrami jakie uzyskuje się w czasie tego typu badania są:

-  $\phi'$  – efektywny kąt tarcia wewnętrznego gruntu



- $c'$  – efektywna spoistość gruntu
- $E_s$  – sieczny moduł odkształcenia gruntu

Parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe należy zawsze odnosić do wartości naprężeń, przy jakich zostały wyznaczone. W związku z tym konieczne jest określenie ciśnień efektywnych przy jakich będą konsolidowane próbki przed rozpoczęciem badań.

Badania typu CU można wykonywać również na próbach z gruntów spoistych o odtworzonej strukturze i wilgotności, natomiast powinno zostać to oznaczone w raporcie. Wyniki badań na próbach odtworzonych mogą różnić się w sposób znaczący od wyników na próbach nienaruszonych. Stosunek wytrzymałości próbek nienaruszonych do odtworzonych opisuje wrażliwość gruntu.

Ze względu na warunki w czasie ścinania – brak możliwości odpływu wody z próbki badania typu CU nie są zalecane dla gruntów organicznych oraz niespoistych. W przypadku gruntów organicznych zaleca się stosowanie kombinacji badań typu CD oraz UU zamiast badań typu CU. W przypadku gruntów niespoistych zaleca się wykonywanie badań typu CD zamiast CU.

Należy pamiętać, że badania trójosiowe są badaniami długotrwałymi. W skrajnych przypadkach czas badania pojedynczej próbki może wynieść nawet kilkanaście dni.

Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-9

### 3.10.3 Badania typu CD

Wymagana kategoria: 1 ( 1-4 dla prób odtworzonych)

Cel: Oznaczenie parametrów wytrzymałościowych gruntu



Badanie polega na ścięciu (zniszczeniu) w warunkach z drenażem serii minimum trzech próbek uprzednio skonsolidowanych przy różnych ciśnieniach efektywnych.

Badanie typu CD składa się z trzech etapów: saturacji, konsolidacji oraz ścinania. Pierwsze dwa etapy są tożsame dla badań typu CU oraz CD. Zasadnicza różnica pojawia się natomiast na etapie ścinania. W trakcie badań typu CD dopuszczona jest możliwość odpływu i napływu wody do próbki. W celu niedopuszczenia do generowania się ciśnienia wody w porach prędkości z jakimi ścinane są próbki w badaniach z drenażem są nawet kilkunastokrotnie niższe niż dla test z brakiem możliwości odpływu wody.

Badania typu CD wykonuje się na najczęściej na próbach z gruntów spoistych mineralnych oraz organicznych o nienaruszonej strukturze, wilgotności i uziarnieniu.

Badania tego typu wykonuje się również na próbach o odtworzonej strukturze z gruntów niespoistych. W przypadku badań na tego typu gruntach ważnym jest określenie stopnia zagęszczenia próbki przed badaniem. Wyniki i sposób zachowania się gruntu w czasie badania silnie zależą od relatywnej gęstości materiału.

Głównymi parametrami jakie uzyskuje się w czasie badań typu CD są:

- $\phi'$  – efektywny kąt tarcia wewnętrznego gruntu
- $c'$  – efektywna spoistość gruntu
- $E_s$  – sieczny moduł odkształcenia gruntu

Parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe należy zawsze odnosić do wartości naprężeń, przy jakich zostały wyznaczone. W związku z tym konieczne jest określenie ciśnień efektywnych przy jakich będą konsolidowane próbki przed rozpoczęciem badań.



Należy pamiętać, że badania trójosiowe są badaniami długotrwałymi. W skrajnych przypadkach czas badania pojedynczej próbki może wynieść nawet kilkanaście dni.

Normy odniesienia: PKN-CEN ISO/TS 17892-9

### 3.10.4 Zaawansowane badania trójosiowe

W ramach badań trójosiowych można uzyskiwać również parametry do bardziej zaawansowanych modeli gruntu. Wymaga to zastosowania dodatkowego oprzyrządowania bądź specjalnych procedur w czasie badania.

Przykładowo, dzięki wykonaniu dodatkowego cyklu odciążenie-obciążenie podczas ścinania próbki w ramach badania typu CD możliwe jest określenie parametrów  $E_{ur}$  oraz  $V_{ur}$  na potrzeby modelu gruntu Hardening Soil.



## Załącznik 3T

### Ocena zanieczyszczenia powierzchni ziemi

1	OCENA ZANIECZYSZCZENIA POWIERZCHNI ZIEMI .....	149
2	METODYKA POBIERANIA PRÓBEK .....	151
3	TERENY POTENCJALNIE ZANIECZYSZCZONE .....	152





Opis badań laboratoryjnych jako powinny być stosowane w określaniu rodzaju i przynależności gruntu do odpowiedniej warstwy litologicznej. .

## 1 Ocena zanieczyszczenia powierzchni ziemi

Prawo ochrony środowiska (POŚ) oraz akty wykonawcze, w tym obowiązujące od 5września 2016 r., Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi, a także Ustawa o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie („ustawa szkodowa”) oraz jej akty wykonawcze, stanowią wyznaczniki w postępowaniu z terenem zanieczyszczonym substancjami chemicznymi.

Prawo Ochrony Środowiska definiuje odpowiedzialność za stan wodno-gruntowy nieruchomości - wg art. 101h POŚ „Władający powierzchnią ziemi, na której występuje historyczne zanieczyszczenie powierzchni ziemi, jest obowiązany do przeprowadzenia remediacji.” Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi określa jasno sposób prowadzenia identyfikacji terenu potencjalnie zanieczyszczonego.

Etapy identyfikacji to:

- Etap I - Analiza historyczna terenu – ustalenie działalności, które były prowadzone na badanym terenie i mogły spowodować zanieczyszczenie historyczne. Rodzaje działalności powodujące z dużym prawdopodobieństwem zanieczyszczenie są wymienione w załączniku nr 2 do ww. Rozporządzenia.
- Etap II - Ustalenie listy substancji powodujących ryzyko, których stężenie zostanie zbadane w pobranych próbach gruntu – na podstawie analizy historycznej terenu oraz ew. dostępnych badań archiwalnych, a także wszelkich informacji na temat substancji powodujących ryzyko wykorzystywanych, produkowanych lub utylizowanych na danym terenie.
- Etap III - Analiza źródeł informacji istotnych dla oceny zagrożenia zanieczyszczeniem ziemi, w tym miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, opracowań ekofizjograficznych, baz danych geologicznych, itp.



- Etap IV - Zebranie informacji koniecznych do wykonania badań wstępnych oraz ich wykonanie. Obejmuje: ustalenie grupy gruntów, lokalizację źródeł zanieczyszczeń, określenie schematu lokalizacji punktów pobierania próbek powierzchniowych mieszanych oraz pojedynczych w określonych przedziałach głębokościowych, z uwzględnieniem źródeł lokalnych czy też obecności nasypów, pobranie prób zgodnie ze schematem, badania chemiczne i wodoprzepuszczalności, porównanie z dopuszczalnymi zawartościami substancji wymienionych w etapie drugim oraz opracowanie dokumentacji badań wstępnych.
- Etap V - W przypadku stwierdzenia zanieczyszczenia chemicznego, ustala się obszar i zakres badań szczegółowych, służący ocenie rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia w planie przekroju. Obejmują one:
  - określenie schematu lokalizacji punktów pobierania próbek w celu wyznaczenia zasięgu zanieczyszczenia,
  - określeniu głębokości pobierania próbek tak, aby zostały one pobrane poniżej spodziewanej głębokości zanieczyszczenia,
  - pobraniu próbek zgodnie z powyższymi ustaleniami,
  - przeprowadzeniu badania wodoprzepuszczalności dla próbek z głębokości > 0,25m oraz badania zawartości substancji chemicznych, których występowanie zostało potwierdzone w badaniach wstępnych,
  - porównaniu wyników z dopuszczalnymi zawartościami analogicznie do badań wstępnych, przy czym dotyczy ono jedynie substancji, których zawartość została przekroczona w próbkach z badań wstępnych,
  - sporządzeniu dokumentacji z badań szczegółowych.

Jeżeli stwierdzono w trakcie badań wstępnych zanieczyszczenie pochodzenia historycznego, to dalsze postępowanie należy prowadzić zgodnie z Ustawą Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (art. 101e) „Władający powierzchnią ziemi, który stwierdził historyczne zanieczyszczenie powierzchni ziemi na terenie będącym w jego władaniu, jest obowiązany niezwłocznie zgłosić ten fakt regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska.”.



Ilość badań koniecznych do wykonania na podstawie przytaczanego Rozporządzenia jest zależna od wielkości terenu i grupy, do której należy (§9, pkt.3a), np. dla grupy gruntów I lub IV na terenie o wielkości 1-10ha, ustala się co najmniej 10 sekcji, nie większych niż 0,5 ha. Przy czym, w każdej z sekcji wyznacza się 15 punktów pojedynczych, z których pobierane są próbki w przedziale miąższości 0-0,25 m ppt, mieszane i uzyskiwana jest 1 próbka zbiorcza na sekcję.

Ponadto w każdej z sekcji pobierana jest próbka w przedziale 0,25 – 1m, tj. 10 prób pojedynczych. Pobiera się również próbki z większych głębokości (do spodziewanej głębokości zanieczyszczenia), w interwałach nieprzekraczających 2m, jeśli istnieją lokalne źródła zanieczyszczenia lub grunty przekształcone mechanicznie (§9, pkt. 5c).

Zarówno pobór próbek, jak i badania chemiczne oraz badania wodoprzepuszczalności muszą zostać przeprowadzone przez laboratorium posiadające akredytację, zgodnie z metodykami, określonymi w rozporządzeniu.

## 2 Metodyka pobierania próbek

Metodyka pobierania próbek chemicznych powinna być zgodna z PN-ISO 10381. W przypadkach terenów miejskich i przemysłowych, adekwatna jest część 5 normy „Jakość gleby – Pobieranie próbek – Część 5: Zasady postępowania podczas badań terenów miejskich i przemysłowych pod kątem zanieczyszczenia gleby”, odwołującą się także do PN-ISO 10381-1 „Jakość gleby – Pobieranie próbek – Część 1: Zasady opracowywania programów pobierania próbek” oraz PN-ISO 10381-1 „Jakość gleby – Pobieranie próbek – Część 2: Zasady dotyczące technik pobierania”.

Próbki mogą być pobrane różnymi technikami, np. podczas wiercenia lub odkrywki. Należy unikać możliwości zanieczyszczenia próbki gruntu, gruntem pochodzącym z innych warstw. Pobrane próbki należy numerować, rejestrować i oznaczać etykietą natychmiast po pobraniu z otworu wiertniczego lub wykopu.



### 3 Tereny potencjalnie zanieczyszczone

Informacje na temat potencjalnego zanieczyszczenia terenu można znaleźć w:

- Rejestrze historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi (prowadzony przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska, a udostępniany przez Regionalną Dyрекcję Ochrony Środowiska)
- Rejestr bezpośrednich zagrożeń szkodą w środowisku i szkód w środowisku (prowadzony przez Generalną Dyрекcję Ochrony Środowiska, a udostępniany przez Regionalną Dyрекcję Ochrony Środowiska)
- wykazie potencjalnych historycznych zanieczyszczeń powierzchni ziemi (prowadzony przez starostów)

Na terenach znajdujących się w powyższych wykazach można spodziewać się zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Potencjalnie zanieczyszczone są także wszystkie tereny, na których była prowadzona działalność wymieniona w załączniku nr 2 Rozporządzenia w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Są to m.in. tereny portowe, stoczniowe, stacje elektroenergetyczne, stacje benzynowe, tereny powojkowe, strzelnice oraz wysypiska i składowiska śmieci.



## **Załącznik 4T      Schematy wniosków**

**Wniosek o wydanie opinii dla przygotowania programu badań geotechnicznych**

Nazwa (firma) i adres wykonawcy (wykonawców wspólnie ubiegających się o udzielenie zamówienia)	.....
Dane pełnomocnika / osoby składającej wniosek	.....
Numer telefonu pełnomocnika / osoby składającej wniosek	.....
Adres poczty elektronicznej pełnomocnika / osoby składającej wniosek	.....

Biorąc udział w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego, w trybie przetargu nieograniczonego na podstawie art. 39 ustawy z dnia 29 stycznia 2004r. - Prawo zamówień publicznych (t.j. Dz. U. z 2019 r. poz. 1843 z późn. zm.), pod nazwą:

Przedmiot zamówienia	<b>Nazwa inwestycji nadana przez Zamawiającego</b>
----------------------	--

Składamy do zatwierdzenia następującą dokumentację (\*\*):

- ☐ Program badań geotechnicznych  
☐ Projekt robót geologicznych

Załączniki do wniosku:

Część opisowa:

- 1) informacja na temat Inwestora i Zamawiającego, własności administracyjnych, celu prac oraz szczegółów co do planowanej inwestycji zawierających dane odnośnie projektowanych konstrukcji (lokalizacja i układ), rodzaju i głębokości posadowienia, niwelety, układu itp.;
- 2) rodzaj wierceń, ich ilość i głębokość wraz z kartą projektu otworu badawczego,
- 3) rodzaj sondowań, ich ilość i głębokość,
- 4) rodzaj, ilość badań laboratoryjnych,
- 5) harmonogram prac,
- 6) informacji na temat rodzaju wynikowych dokumentacji.

Część graficzna:

- 1) aktualną mapę do celów informacyjnych z naniesionym uzbrojeniem terenu oraz planowaną inwestycją wraz z lokalizacją poszczególnych archiwalnych i projektowanych badań terenowych (wierceń i sondowań oraz ewentualnych prac dodatkowych (np. odkrywki, badania VSS, VD itp).

Uwaga!

(\*) Należy wypełnić wykropkowane miejsca.

(\*\*) Należy wybrać odpowiednią dokumentację.

Oświadczam, że spełniam wymagania ochrony oraz prawidłowego przetwarzania danych osobowych określone w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (RODO) oraz w ustawie z dnia 10 maja 2018r. o ochronie danych osobowych (Dz.U. z 2018r., poz. 1000 ze zm.). Jednocześnie oświadczam, że wypełniłem ciążące na mnie obowiązki informacyjne przewidziane w art. 13 i 14 RODO a nadto, że w przypadku zawarcia i realizacji umowy z Zamawiającym, zobowiązuję się do wypełniania związanych z nią obowiązków informacyjnych, przewidzianych w art. 13 i 14 RODO, w imieniu własnym oraz w imieniu Zamawiającego.

**Wniosek o zatwierdzenie dokumentacji geologicznej**

Nazwa (firma) i adres wykonawcy (wykonawców wspólnie ubiegających się o udzielenie zamówienia)	.....
Dane pełnomocnika / osoby składającej wniosek	.....
Numer telefonu pełnomocnika / osoby składającej wniosek	.....
Adres poczty elektronicznej pełnomocnika / osoby składającej wniosek	.....

Biorąc udział w postępowaniu o udzielenie zamówienia publicznego, w trybie przetargu nieograniczonego na podstawie art. 39 ustawy z dnia 29 stycznia 2004r. - Prawo zamówień publicznych (t.j. Dz. U. z 2019 r. poz. 1843 z późn. zm.), pod nazwą:

Przedmiot zamówienia	<b>Nazwa inwestycji nadana przez Zamawiającego</b>
----------------------	--

Składamy do zatwierdzenia ostateczną dokumentację geologiczną zgodnie z wybraną kategorią geotechniczną oraz warunkami gruntowymi na podstawie Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. 2012 poz. 463) oraz dokumentację / opinię hydrologiczną zgodnie m.in. z Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (DZ.U. Nr 2016 Poz. 2033 z późn. zm) (\*\*):

- ☐ Opinia geotechniczna
- ☐ Dokumentacja badań podłoża gruntowego
- ☐ Projekt geotechniczny
- ☐ Dokumentacja geologiczno – inżynierska
- ☐ Dokumentacja / opinia hydrogeologiczna

Załączniki do wniosku:

- 1) wynikowa właściwa dokumentacja geologiczna (opis, mapa dokumentacyjna, przekroje geologiczne, tabele właściwości, karty otworów, karty sondowań, wykresy sondowań, zestawienie i wyniki badań laboratoryjnych, karty i przekroje archiwalne, wymagane mapy, i inne);
- 2) dokumentacja fotograficzna z badań terenowych i laboratoryjnych wraz z geolokalizacją;
- 3) dokumentacja audio – video z badań terenowych.

Uwaga!

(\*) Należy wypełnić wykropkowane miejsca.

(\*\*) Należy wybrać odpowiednią dokumentację.

Oświadczam, że spełniam wymagania ochrony oraz prawidłowego przetwarzania danych osobowych określone w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (RODO) oraz w ustawie z dnia 10 maja 2018r. o ochronie danych osobowych (Dz.U. z 2018r., poz. 1000 ze zm.). Jednocześnie oświadczam, że wypełniłem ciążące na mnie obowiązki informacyjne przewidziane w art. 13 i 14 RODO a nadto, że w przypadku zawarcia i realizacji umowy z Zamawiającym, zobowiązuję się do wypełniania związanych z nią obowiązków informacyjnych, przewidzianych w art. 13 i 14 RODO, w imieniu własnym oraz w imieniu Zamawiającego.

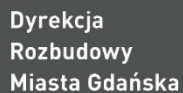


## Załącznik 3T

### Schematy kart, metryk, itp.

1	METRYKA OTWORU WIERTNICZEGO .....	157
2	METRYKA SONDOWANIA DPL/DPH/DPSH/ITB-ZW .....	158
3	METRYKA SONDOWANIA DYLATOMETREM DMT .....	159
4	METRYKA BADANIA MODUŁU ODKSZTAŁCENIA GRUNTU PŁYTĄ DYNAMICZNĄ.....	160
5	OZNACZENIE MODUŁU ODKSZTAŁCENIA APARATEM VSS.....	161
6	BADANIE W APARACIE BEZPOŚREDNIEGO ŚCINANIA .....	162
7	ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ LABORATORYJNYCH.....	164



[illegible]



## 2 Metryka sondowania DPL/DPH/DPSH/ITB-ZW

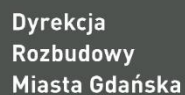
METRYKA SONDOWANIA DPL/DPH/DPSH/ITB-ZW										
					Otwory nr: <input type="text"/>					
NAZWA TEMATU: .....					DATA WYKONANIA:    /    /					
PODPIS: .....					UWAGI: .....					
0,1										
0,2										
0,3										
0,4										
0,5										
0,6										
0,7										
0,8										
0,9										
1,0										
1,1										
1,2										
1,3										
1,4										
1,5										
1,6										
1,7										
1,8										
1,9										
2,0										
2,1										
2,2										
2,3										
2,4										
2,5										
2,6										
2,7										
2,8										
2,9										
3,0										
3,1										
3,2										
3,3										
3,4										
3,5										
3,6										
3,7										
3,8										
3,9										
4,0										
4,1										
4,2										
4,3										
4,4										
4,5										
4,6										
4,7										
4,8										
4,9										
5,0										



### 3 Metryka sondowania dylatometrem DMT

FIRM (max characters no.=32)		BLADE No.	$\Delta A$ (bar) 0.05-0.20	$\Delta B$ (bar) 0.20-0.60	$\Delta mm$ <sup>(1)</sup>	Membrane Aspect <sup>(2)</sup>
CUSTOMER <sup>(32)</sup>		Start				
JOB <sup>(32)</sup>		$Z_E =$ <sup>(3)</sup>				
SITE <sup>(32)</sup>		$Z_E =$				
REMARK <sup>(32)</sup>		$Z_E =$				
TEST NAME <sup>(12)</sup>		DATE <sup>(20)</sup>				
Absol. elev.(optional) _____ m		$Z_{water}$ (necess.) _____ m or <input type="checkbox"/> > $Z_{final}$				
Zero of gauge _____ bar		$\gamma_{top}$ _____ t/m <sup>3</sup> (default 1.75)				
<input type="checkbox"/> Rig <input type="checkbox"/> Penetrometer		TEST STOPPED BECAUSE				
Diameter of rod behind the blade _____		REFUSAL MEMBRANE $\dagger$ $Z = Z_{prefixed}$				
		<input type="checkbox"/> OPERATOR				

0	A	B	C	6	12	18	24
2				2	2	2	2
4				4	4	4	4
6				6	6	6	6
8				8	8	8	8
1				7	13	19	25
2				2	2	2	2
4				4	4	4	4
6				6	6	6	6
8				8	8	8	8
2				8	14	20	26
2				2	2	2	2
4				4	4	4	4
6				6	6	6	6
8				8	8	8	8
3				9	15	21	27
2				2	2	2	2
4				4	4	4	4
6				6	6	6	6
8				8	8	8	8
4				10	16	22	28
2				2	2	2	2
4				4	4	4	4
6				6	6	6	6
8				8	8	8	8
5				11	17	23	29
2				2	2	2	2
4				4	4	4	4
6				6	6	6	6
8				8	8	8	8



	GRUNTY		ARKUSZ NR
	Badanie modułu odkształcenia gruntu płytą dynamiczną		
Projekt	NAZWA		
Lokalizacja działki roboczej		odcinek	
Warstwa			
Data poboru próbki		materiał	
Pozycja ST			

[illegible]



## 5 Oznaczenie modułu odkształcenia aparatem VSS

OZNACZENIE MODUŁU ODKSZTAŁCENIA APARATEM VSS						
PLATE BEARING TEST						
Rodzaj podłoża:			Nr punktu badawczego:		Temat:	
Rzędna terenu: m n.p.m.					km: warstwa:	
obciążenie [MPa]	Odczyty na czujnikach [0,01mm]				$\Delta s = s_{0,25} - s_{0,15}$ [mm]	Średnica płyty: D=300 mm
	czujnik 1	czujnik 2	czujnik 3	średnia		
0,00					$E_v = 0,75 \pi D \Delta p / \Delta s$ [MPa]	$E_{v1} = 225 \frac{0,10}{\Delta s} =$ MPa
0,05						
0,10						
0,15						
0,20						
0,25						
0,30						
0,35						
0,25						
0,15						
0,05						
0,00						
0,05						
0,10					$E_{v2} = 225 \frac{0,10}{\Delta s} =$ MPa	
0,15						
0,20						
0,25						
0,30						
0,35						
0,25						
0,15						
0,05						
0,00						
Obciążenie ruchem:			Stan pogody, temp. pow:			
Data badania:	Badanie wykonał:		Badanie opracował:		Uwagi: Płyta D=30 cm	

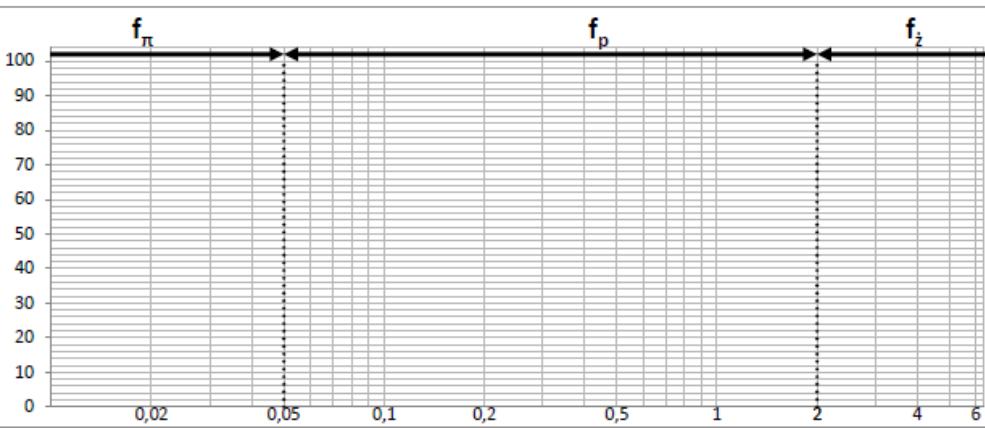


## 6 Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania

		Wytrzymałość gruntu na ścinanie	
		Nr zlecenia	
		Temat:	
		Nr otworu	
		Głębokość [m]:	
		Nr próby	
Rodzaj gruntu		Spójność $c$ [kPa]	0,00
Barwa gruntu	-	Kąt tarcia wewnętrznego $\varphi$	0,00
Stan gruntu	-	Wytrzymałość na ścinanie $\tau_f$ [kPa] dla naprężenia normalnego równego:	
Wilgotność [%]	-	$\sigma_n =$ kPa	0,00
		$\sigma_n =$ kPa	0,00
		$\sigma_n =$ kPa	0,00
<p>Maksymalne naprężenie ścinające [kPa]</p> <p>Naprężenie normalne <math>\sigma</math> [kPa]</p>			
Uwagi:			
Data:		Wykonał:	Zatwierdził:



Analiza sitowa

ANALIZA SITOWA																																																																															
Nr zlecenia																																																																															
Norma	PN-B-88/04481																																																																														
Projekt																																																																															
Próbka																																																																															
Głębokość [m]																																																																															
Nr próby																																																																															
																																																																															
<table border="1"><thead><tr><th>Wymiar oczek [mm]</th><th colspan="2">Pozostaje na sicie</th><th>Rzędne [%]</th></tr><tr><th></th><th>[g]</th><th>[%]</th><th>[%]</th></tr></thead><tbody><tr><td>6,00</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>4,00</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>2,00</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>1,00</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>0,50</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>0,25</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>0,10</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>0,063</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>Razem</td><td>#N/D</td><td>#N/D</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">d<sub>50</sub></td><td colspan="2">#N/D</td></tr><tr><td colspan="2">d<sub>10</sub></td><td colspan="2">#N/D</td></tr></tbody></table> <table border="1"><thead><tr><th>Rodzaj gruntu</th><th>#N/D</th><th>#N/D</th></tr></thead><tbody><tr><td>Wskaźnik uziarnienia U</td><td>-</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>k<sub>10</sub> USBSC</td><td>m/d</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>k<sub>10</sub> USBSC</td><td>m/s</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>Cl ( f<sub>i</sub> ) *</td><td>%</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>Si ( f<sub>π</sub> ) *</td><td>%</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>Sa ( f<sub>p</sub> )</td><td>%</td><td>#N/D</td></tr><tr><td>Gr ( f<sub>z</sub> )</td><td>%</td><td>#N/D</td></tr></tbody></table> <p>* wartości frakcji ilastej i pyłastej zostały rozdzielone matematycznie przy pomocy interpolacji liniowej z uwzględnieniem półlogarytmicznego charakteru wykresu krzywej uziarnienia</p>				Wymiar oczek [mm]	Pozostaje na sicie		Rzędne [%]		[g]	[%]	[%]	6,00	#N/D	#N/D	#N/D	4,00	#N/D	#N/D	#N/D	2,00	#N/D	#N/D	#N/D	1,00	#N/D	#N/D	#N/D	0,50	#N/D	#N/D	#N/D	0,25	#N/D	#N/D	#N/D	0,10	#N/D	#N/D	#N/D	0,063	#N/D	#N/D	#N/D	Razem	#N/D	#N/D		d <sub>50</sub>		#N/D		d <sub>10</sub>		#N/D		Rodzaj gruntu	#N/D	#N/D	Wskaźnik uziarnienia U	-	#N/D	k <sub>10</sub> USBSC	m/d	#N/D	k <sub>10</sub> USBSC	m/s	#N/D	Cl ( f <sub>i</sub> ) *	%	#N/D	Si ( f <sub>π</sub> ) *	%	#N/D	Sa ( f <sub>p</sub> )	%	#N/D	Gr ( f <sub>z</sub> )	%	#N/D
Wymiar oczek [mm]	Pozostaje na sicie		Rzędne [%]																																																																												
	[g]	[%]	[%]																																																																												
6,00	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
4,00	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
2,00	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
1,00	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
0,50	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
0,25	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
0,10	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
0,063	#N/D	#N/D	#N/D																																																																												
Razem	#N/D	#N/D																																																																													
d <sub>50</sub>		#N/D																																																																													
d <sub>10</sub>		#N/D																																																																													
Rodzaj gruntu	#N/D	#N/D																																																																													
Wskaźnik uziarnienia U	-	#N/D																																																																													
k <sub>10</sub> USBSC	m/d	#N/D																																																																													
k <sub>10</sub> USBSC	m/s	#N/D																																																																													
Cl ( f <sub>i</sub> ) *	%	#N/D																																																																													
Si ( f <sub>π</sub> ) *	%	#N/D																																																																													
Sa ( f <sub>p</sub> )	%	#N/D																																																																													
Gr ( f <sub>z</sub> )	%	#N/D																																																																													
Data badania:	Badanie wykonał:	Zatwierdził:																																																																													

