**SPECYFIKACJA TECHNICZNA**

 **POZIOMA PRZESŁONA PRZECIWFILTRACYJNA WYKONANA METODĄ**

**INIEKCJI STRUMIENIOWEJ „JET GROUTING”**

# WSTĘP

## **Przedmiot ST**

 Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej są wymagania dotyczące wykonania, odbioru robót i badań kontrolnych związanych z wykonywaniem poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej w technologii iniekcji strumieniowej „jet grouting”.

## **Zakres stosowania ST**

Przykładowa Specyfikacja Techniczna może służyć do opracowania Szczegółowej Specyfikacji Technicznej, która jest stosowana jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót wymienionych w p.1.1.

## **Zakres Robót objętych ST**

 Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą wykonania robót wymienionych w p. 1.1., związanych z iniekcyjnym kształtowaniem kolumn, przy zastosowaniu technologii iniekcji strumieniowej „jet grouting”, która wykorzystuje efekt ciecia i rozdrabniania gruntu pod działaniem wysokoenergetycznego strumienia zaczynu wypływającego z dyszy/dysz monitora z prędkością ponad 100 m/s, pod ciśnieniem 200 ÷ 500 bar. Cząstki gruntu otoczone zaczynem wypełniają przestrzeń w zasięgu erozyjnym strumienia, a ich nadmiar wypływa na powierzchnię.

 Wykonanie kolumn iniekcyjnych z zastosowaniem wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej ma na celu stworzenie mieszaniny spoiwa z gruntem rodzimym w wyniku której powstaje bryła „cementogruntu”, która po stwardnieniu uzyskuje znaczną wytrzymałość na ściskanie rzędu 0,5÷5 MPa, zależną od rodzaju gruntu, przy równoczesnym zmniejszeniu wartości współczynnika wodoprzepuszczalności „k” od jednego do kilku rzędów wielkości. W rezultacie następuje modyfikacja parametrów gruntu zwiększająca jego parametry wytrzymałościowe przy równoczesnym zmniejszeniu wodoprzepuszczalności gruntu w obrębie powstałej bryły „cementogruntu”.

## **Określenia podstawowe**

* + 1. *Iniekcja strumieniowa ( ang. jet grouting) –* iniekcja strumieniowa polegająca na niszczeniu struktury gruntu budującego podłoże z jednoczesnym mieszaniem i częściowej wymianie na czynnik wiążący. Niszczenie struktury gruntu i mieszanie uzyskiwane jest z wykorzystaniem wysokoenergetycznego strumienia cieczy ( iniektu ), która jest równocześnie czynnikiem wiążącym.
		2. *Pozioma przesłona / przegroda przeciwfiltracyjna jet grouting –* zainiekowana strefa gruntu poniżej dna wykopu oraz poniżej zwierciadła wód gruntowych w obrysie ścian szczelinowych, ścian szczelnych, przesłon kopanych lub szczelnych palisad ( przegrody jet grouting, przesłony kopane ) stanowiąca ciągłą przestrzenną bryłę „cementogruntu” w płaszczyźnie horyzontalnej, ograniczająca dopływ wody gruntowej do wykopu przez jego dno.
		3. *Technologia wykonania poziomej przesłony jet grouting* - sposób iniekcyjnego wzmacniania i modyfikowania gruntu przy użyciu zaczynu wiążącego ( iniektu ), w zaprojektowanej siatce otworów wiertniczych, w którym iniekt/spoiwo wyrzucany jest z dyszy/dysz iniekcyjnych monitora o średnicy od 3mm do 8 mm horyzontalnie lub pod niewielkim kątem (po obwodzie zapuszczanego w grunt przewodu wiertniczego z monitorem) strumieniem pod ciśnieniem mierzonym na króćcu tłocznym pompy, rzędu 200 – 500 bar i wydatku 150-1000 l/min. Przewód wiertniczy wraz z monitorem iniekcyjnym w trakcie dynamicznego wypływu iniektu podlega ruchowi obrotowemu i posuwistemu bądź obrotowemu i skokowemu w zależności od specyfikacji technicznej zastosowanej wiertnicy.

Prędkość podciągania żerdzi wiertniczej z monitorem ( prędkość formowania ) powinna mieścić się w przedziale od 6 – do 18 cm/min, natomiast liczba obrotów w przedziale od 3 do 6 na minutę.

Procedura ta jest powtarzalna w kolejnych punktach zaprojektowanej siatki otworów, których lokalizacja i układ został ustalony na etapie projektowym, w taki sposób aby zachować ciągłość przestrzenną formowanej bryły „cementogruntu” na określonej powierzchni.

* + 1. *Iniekt* - ciecz wykorzystywana do niszczenia struktury gruntu. Nazwa ta stosowana jest powszechnie do zaczynu cementowego. W przypadku zastosowania innego dopuszczonego do użytku spoiwa niż cement, nazewnictwo pozostaje bez zmian.
		2. *Kolumna iniekcyjna jet grouting (wielkośrednicowy pal iniekcyjny jet grouting )* – zainiekowana bryła gruntu o kształcie zbliżonym do walca lub jego wycinka i średnicy określonej w Dokumentacji Projektowej, powstała w wyniku bezpośredniego wymieszania wtłaczanego zaczynu pod dużym ciśnieniem ( iniektu ) wiążącego z cząsteczkami gruntu. W efekcie końcowym wskutek procesu wiązania powstaje bryła gruntu o zmodyfikowanych własnościach wytrzymałościowych i filtracyjnych stanowiąca związaną strukturalnie bryłę „cementogruntu”.
		3. *Ciśnienie iniekcji* – Efektywne ciśnienie zatłaczanego zaczynu wiążącego ( iniektu ) na dyszy/dyszach monitora uwzględniające starty hydrauliczne w instalacji przesyłowej ( wężach wysokociśnieniowych ) pomiędzy krućcem wylotowym pompy a dyszą / dyszami monitora.
		4. *Monitor iniekcyjny jet grouting –* urządzenie zlokalizowane pomiędzy dolnym końcem żerdzi wiertniczej a świdrem wiertniczym, umożliwiające dynamiczny wypływ zaczynu wiążącego ( iniektu ) pod dużym ciśnieniem poprzez zainstalowaną dyszę/dysze iniekcyjne.

W zależności od zastosowanego typu monitora, jego konstrukcja umożliwia realizowanie technologii jet grouting w systemie pojedynczym bądź podwójnym.

* + 1. *Dysze iniekcyjne –* specjalnie ukształtowane elementy osadzone w monitorze, służące do przetworzenia wysokociśnieniowego przepływu cieczy ( iniektu ) w strumień wysokoenergetyczny o dużej prędkości skierowany w grunt

Monitor w zależności od konstrukcji może być wyposażony w jedną lub dwie dysze iniekcyjne.

* + 1. *System pojedynczy jet grouting –* System umożliwiający dynamiczny wypływ w trakcie wykonywania kolumny jet grouting wyłącznie zaczynu wiążącego ( iniektu ) przez jedną lub dwie dysze monitora.
		2. *System podwójny jet grouting -* System umożliwiający dynamiczny wypływ w trakcie wykonywania kolumny jet grouting zaczynu wiążącego ( iniektu ) przez jedną lub dwie dysze monitora w osłonie sprężonego powietrza. Dla tego systemu wymagane jest zastosowanie dwukanałowych żerdzi wiertniczych oraz monitorów umożliwiających zastosowanie dwukanałowych dysz / dyszy.
		3. System *potrójny jet grouting -* System umożliwiający wstępne rozluźnienie gruntu dynamicznym wypływem wody w osłonie sprężonego powietrza a następnie dalszą erozję ośrodka poprzez wprowadzenie sprężonego iniektu, niezależną dyszą.
		4. *Wypływka (urobek) –* nadmiar objętościowy cząstek gruntu wymieszanych z zaczynem wiążącym ( iniektem ) wypływający na powierzchnię wzdłuż przewodu wiertniczego w trakcie wykonywania kolumny iniekcyjnej.

## **Ogólne wymagania dotyczące robót.**

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z dokumentacją projektową, ST i poleceniami przedstawiciela nadzoru robót ze strony Zamawiającego.

1.5.1. Dokumentacja techniczna

Dokumentacja techniczna na podstawie, której wykonuje się poziomą przesłonę przeciwfiltracyjną metodą iniekcji strumieniowej powinna zawierać:

* plan urządzeń i instalacji podziemnych w miejscu budowy, dostępne informacje o istniejących fundamentach lub innych przeszkodach oraz w razie potrzeby, wymagania dotyczące zabezpieczeń i sprawdzania w czasie robót rzeczywistego położenia urządzeń,
* dokumentację badań podłoża, podającą budowę geologiczną, parametry geotechniczne warstw gruntu, poziomy występowania i poziomy piezometryczne wód gruntowych, dane o przepuszczalności warstw oraz składzie chemicznym wód i agresywności środowiska,
* projekt wykonawczy poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej,
* na życzenie zamawiającego Program Zapewnienia Jakości, wymagania BHP.

Dokumentacja technologiczna powinna być opracowana przez specjalistyczne przedsiębiorstwo wykonujące poziomą przesłonę przeciwfiltracyjną metodą iniekcji strumieniowej albo przy jego udziale uzgodniona.

1.5.2. Kierownictwo i nadzór robót

 W czasie robót należy zapewnić dozór techniczny ze strony wykonawcy i nadzór ze strony zamawiającego. Niezbędna jest obecność odpowiedzialnego kierownika robót lub jego kompetentnego zastępcy. Przebieg robót powinien być bieżąco dokumentowany w dzienniku budowy oraz w metrykach kolumn iniekcyjnych.

1.5.3. Zgodność z dokumentacją

 Kolumny iniekcyjne jet grouting należy wykonywać zgodnie z wymaganiami Dokumentacji Projektowej. W przypadku stwierdzenia niezgodności warunków geotechnicznych i hydrogeologicznymi z podanymi w dokumentacji lub w przypadku innych nieprzewidzianych okoliczności, należy powiadomić niezwłocznie projektanta w celu analizy i wprowadzenia odpowiednich zmian i korekt w projekcie wykonawczym w postaci zatwierdzonej rewizji projektu.

1.5.4. Inne wymagania

W kwestiach nie będących przedmiotem specyfikacji, należy przestrzegać wymagań dla robót ogólnobudowlanych oraz norm, przepisów BHP i innych dokumentów dla odpowiednich rodzajów robót.

# MATERIAŁY

Najczęściej stosowane są cement, woda i ewentualnie dodatki modyfikujące własności technologiczne zaczynu wiążącego ( iniektu ) w postaci np. bentonitu..

Dopuszcza się stosowanie innych gotowych do użytku spoiw/mieszanek dedykowanych dla przesłon / przegród przciwfiltracyjnych niż cement np. typu: Vectis, Strada, Solidur itp., których stosowanie jest dopuszczone odpowiednimi deklaracjami właściwości użytkowych, atestami itp.

Skład zaczynu ( iniektu ), jak i wszystkie parametry techniczne formowania kolumn iniekcyjnych określa Wykonawca wzmocnienia w opracowanym projekcie technologicznym.

* 1. **Cement / Gotowe mieszanki**

Do iniekcyjnego formowania kolumn przy zastosowaniu technologii „jet grouting” stosowany jest cement, spoiwa hydrauliczne, mieszanki spoiw o markach od 12,5 do 42,5

Nie wyklucza się i dopuszcza się zastosowanie innych rodzajów spoiw oraz gotowych spoiw/mieszanek dedykowanych dla przesłon/przegród przeciwfiltracyjnych pozwalających uzyskać żądane parametry techniczne przesłony przeciwfiltracyjnej zawarte w Dokumentacji Projektowej.

Miejsca przechowywania cementu/innych mieszanek mogą być następujące:

* Dla opakowań workowanych – składy otwarte (wydzielone miejsca zadaszone na otwartym terenie, zabezpieczone z boków przed opadami) lub magazyny zamknięte (pomieszczenia o szczelnym dachu i ścianach), ofoliowane palety.
* Dla materiałów luzem – zbiorniki stalowe typu silos, żelbetowe lub betonowe przystosowane do pneumatycznego załadowania i wyładowania luzem, zaopatrzone w otwory do przeprowadzania pomiarów poziomu materiału, włazy do czyszczenia oraz klamry na wewnętrznych ścianach.

Dopuszczalny okres przechowywania zależny jest od miejsca składowania. Cement nie może być użyty po okresie:

* 20 dni w przypadku przechowywania go w składach otwartych,
* po upływie terminu trwałości podanego przez wytwórnię, w przypadku przechowywania w składach zamkniętych.

W przypadku gotowych do użytku spoiw/mieszanek wykonanych na bazie innych środków wiążących, według indywidualnych receptur gwarantujących osiągnięcie celu projektowego, należy dołączyć instrukcje sporządzania oraz ich przechowywania.

* 1. **Woda zarobowa**

Wodę zarobową do sporządzenia zaczynów cementowych jak i również zaczynów na bazie gotowych mieszanek należy pobierać wprost z wodociągów lub studni albo dowozić beczkowozami ze sprawdzonych źródeł. Woda zarobowa powinna odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 1008:2004. Woda wodociągowa nie wymaga badań. Woda ze studni lub innych miejsc uzyskania powinna spełniać warunki w/w normy.

1. **SPRZĘT**

Do wykonania robót iniekcyjnych według technologii przewidzianej w niniejszej ST należy użyć specjalistyczny sprzęt składający się z następujących podstawowych elementów:

* Wiertnica wraz z osprzętem ( głowica iniekcyjna, przewód iniekcyjny, monitor, dysze),
* Mieszalnia kontenerowa z dozowaniem wagowo materiału do mikserea i mieszalnikiem wolnoobrotowym
* Zamiennie : ultramikser ( wysokoobrotowy mieszalnik),
* Zamiennie : mieszalnik wolnoobrotowy
* Wysokociśnieniowa pompa iniekcyjna z kontrolą zadawanego ciśnienia (10 - 50 MPa)
* Zamiennie : Manometry zegarowe wraz z ochraniaczem na krućcu wylotowym pompy
* Węże wysokociśnieniowe do przesyłu zaczynu wiążącego / iniektu
* Sprężarka / kompresor dla systemu podwójnego jet grouting
* Węże ciśnieniowe dla przesyłu sprężonego powietrza dla systemu podwójnego jet grouting
* Zbiorniki retencyjne na wodę zarobową w przypadku niewystarczającego wydatku przyłącza wodnego
* .

Doboru sprzętu dokonuje wykonawca i uzgadnia go z Inżynierem (nadzorem inwestorskim).

1. **TRANSPORT**

Transport materiałów i sprzętu wykonuje się ogólnodostępnymi środkami transportowymi dostosowanymi do przewozu określonych towarów.

1. **WYKONANIE ROBÓT**
	1. **Wymagania ogólne**

Roboty iniekcyjne jet grouting objęte niniejszą Specyfikacją Techniczną wykonywane mogą być tylko przez Wykonawcę posiadającego odpowiedni sprzęt do wykonywania iniekcji techniką strumieniową „jet grouting” oraz odpowiednie doświadczenie w prowadzeniu tego typu robót.

Wykonawca zobowiązany jest do sporządzenia we własnym zakresie i na własny koszt Projektu technologii i organizacji robót oraz na życzenie Zamawiającego dodatkowo opracuje Program Zapewnienia Jakości.

* 1. **Zakres robót**

Roboty iniekcyjne jet grouting, która opisuje niniejszą ST obejmują następujące czynności:

* Zainstalowanie sprzętu – montaż węzła technologicznego do technologii jet grouting
* Wytyczenie geodezyjnie w terenie / placu budowy punktów wiercenia otworów iniekcyjnych zgodnie z Dokumentacją Projektową,
* Zainstalowanie / wytyczenie reperu wysokościowego względem „0” budowy lub innego obowiązującego na budowie poziomu odniesienia
* Wykonanie kolumny / kolumn testowych w celu potwierdzenia lub weryfikacji założeń projektowych dotyczących osiągnięcia wymaganego zasięgu iniekcji strumieniowej ( efektywnego promienia iniekcji ) na projektowanej głębokości posadowienia poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej
* Dokonanie przewiertów wstępnych przez istniejące udokumentowane kolizje typu fundament i inne
* Wykonanie kolumn iniekcyjnech „jet grouting”,
* Na bieżąco wywóz i utylizacja związanej wypływki ( urobku ) z placu budowy lub jego zwałowanie/składowanie w wyznaczonym miejscu na placu budowy,
* Pobranie kontrolnych próbek z wypływki ( urobku ) i poddanie ich badaniu w celu potwierdzenia osiągnięcia wymaganych minimalnych parametrów technicznych zawartych w Dokumentacji Projektowej,
* Usunięcie z terenu budowy odpadów i pozostałości procesu technologicznego,
* Demobilizacja sprzętu z placu budowy
1. **KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT**
	1. **Zakres kontroli**

Kontroli podlegają:

* Materiały użyte do wykonania kolumn iniekcyjnych jet grouting,
* Wykonanie kolumn testowych i kontrola średnicy
* Zgodność robót iniekcyjnych jet grouting z Dokumentacją Projektową,
* Gęstość zaczynu (iniektu) minimum dwa razy na zmianę
* Kontrola zużycia zaczynu wiążącego ( cement, inne mieszanki )
* Współczynnik filtracji pobranych próbek z wypływki o ile takie badanie jest przewidziane w projekcie
* Wytrzymałość na ściskanie pobranych próbek z wypływki o ile takie badanie jest przewidziane w projekcie
* Wykonanie ewentualnych badań kontrolnych zleconych przez Inżyniera (nadzór inwestorski) w postaci poboru próbek rdzeniowych „cementogruntu” z przesłony przeciwfiltracyjnej, których zakres badań obejmuje oznaczenie parametrów filtracyjnych i / lub wytrzymałościowych
	1. **Kontrola materiałów**

Kontrola wykonywana wg zasad określonych w Projekcie Technicznym i w pkt 2 niniejszej ST.

* 1. **Kontrola robót iniekcyjnych i ich zgodności z Dokumentacją Projektową**

Kontrolę należy prowadzić w trakcie robót iniekcyjnych, sprawdzając rozstaw otworów i ich głębokości, oraz rejestrując parametry techniczne formowania kolumn.

Do robót iniekcyjnych dopuszcza się wiertnice wyposażone w automatyczny systemem zapisujący parametry produkcyjne iniekcji. W przypadku trudno dostępnych obszarów typu wnęki technologiczne, powierzchnie podstropowe etc.,dopuszcza się zastosowanie małogabarytowych wiertnic bez automatycznego systemu zapisującego.

**6.3.1. Wiertnica z systemem zapisującym proces produkcyjny – metryki w postaci wykresów**

Dokumentacja z wykonania kolumn jet-grouting przy zastosowaniu systemu elektronicznego zapisu podstawowych parametrów formowania kolumny iniekcyjnej jet grouting na wiertnicy powinna składać się z:

1. Zestawienia dziennego wykonanych kolumn zawierającego kartę parametrów technologicznych, w której będą zawarte podstawowe informacje o kolumnach zaprojektowanych o tej samej średnicy i wysokości.

W karcie parametrów technologicznych należy uwzględnić następujące dane :

- ilość wykonanych kolumn,

- data wykonania kolumn,

- typ kolumn ( zróżnicowanie ze względu na średnicę i wysokość kolumn )

- średnica projektowana kolumn

- ilość dysz

- średnica dyszy / dysz [mm]

- wskaźnik wodno-cementowy w/c

- ciśnienie efektywne iniekcji [bar]

- prędkość formowania kolumny [cm/min] ( dla technologii ciągłego formowania kolumny )

- prędkość obrotowa dyszy monitora [obr./min] ( dla technologii ciągłego formowania kolumny )

 Alternartywnie

- prędkość obrotowa dyszy monitora [obr./min] ( dla technologii skokowego formowania kolumny )

- skok żerdzi (dyszy monitora) [cm] ( dla technologii skokowego formowania kolumny )

- zwłoka po, której następuje skok żerdzi [sek] ( dla technologii skokowego formowania kolumny )

1. Metrykę kolumny jet grouting z zapisu elektronicznego na wiertnicy, w której powinny być zawarte podstawowe informacje :

- nazwa firmy wykonawcy

- nazwa kontraktu / budowy

- data wykonania kolumny

- łączny czas trwania iniekcji

- głębokość wiercenia otworu [m]

- objętość zainiekowanego zaczynu wiążącego [m3]

- wykres prędkości wiercenia [m / godz.]

- wykres prędkości formowania kolumny jet grouting [cm/min]

- wykres prędkości obrotowej monitora z dyszą / dyszami [obr./min]

- wykres wartości ciśnienia w trakcie iniekcji strumieniowej [bar]

- opcjonalnie wykres przepływu zaczynu wiążącego w trakcie iniekcji strumieniowej [l/min]

* 1. **Kontrola wytrzymałości cementogruntu**

Podczas formowania kolumn iniekcyjnych należy pobrać próbki wypływającej z otworu mieszaniny cementogruntu tzw. wypływki. Próbki przechowywane w warunkach zbliżonych do naturalnych, po 28 dniach twardnienia należy poddać próbie wytrzymałościowej na ściskanie.

Należy pobrać próbki walcowe o stosunku wysokości do średnicy = 2 lub do form sześciennych o boku 10 cm lub 15 cm.

Wytrzymałość cementogruntu określona dla urobku ( wypływki ) nie jest tożsama z rzeczywistą wytrzymałością związanego cementogruntu stanowiącego kolumny iniekcyjne jet grouting.

Przyjmuje się, że wytrzymałość tak pobranych próbek stanowi 70% wytrzymałości projektowanej dla cementogruntu w kolumnach iniekcyjnych. Wytrzymałość cementogruntu określa Projektant podczas obliczeń siły wyporu i stateczności dna wykopu z uwzględnieniem parametrów wbudowanej przesłony przeciwfiltracyjnej.

Nie zaleca się wykonywać kolumn iniekcyjnych w celu zbudowania poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej w gruntach organicznych oraz gruntach zawierających w swoim składzie części organiczne.

.

Ilość próbek i miejsce pobrania określi Inżynier (nadzór inwestorski).

**6.5. Kontrola skuteczności wbudowanej przesłony przeciwfiltracyjnej**

Dla określenia skuteczności robót jet grouting należy na etapie projektowym określić dopływ wód gruntowych Q [m3/godz] przez dno wykopu bez zabudowanej poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej.

W tym celu należy określić wartość współczynnika filtracji k [m/s] [m/d] objętej robotami jet grouting warstwy wodonośnej oraz wymaganą rzędną/wysokość obniżonego zwierciadła wód gruntowych poniżej docelowego projektowanego dna wykopu.

W przypadku braku informacji dotyczącej wartości współczynnika filtracji k w dokumentacji geotechnicznej / hydrogeologicznej / geologiczno – inżynierskiej itp. należy przyjąć wartość literaturową wg. poniższej tabeli.



Wykonana pozioma przesłona przeciwfiltracyjna nie ogranicza w 100% dopływu do wykopu. Za naturalne należy uznać przesączanie wody gruntowej przy dużych wartościach spadku hydraulicznego.

Wykonana pozioma przesłona przeciwfiltracyjna powinna charakteryzować się stopniem przepuszczalności w zakresie minimum od mało przepuszczalnej do słabo przepuszczalnej lub nawet bardzo mało przepuszczalnej.

**6.5.1. Prognoza dopływu wód gruntowych do wykopu**

Obliczenie prognozowanego dopływu wód gruntowych przy założonym obniżeniu zwierciadła wód gruntowych w warunkach bez wbudowanej poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej można obliczyć według podanego poniżej schematu.



**6.5.2. Skuteczność wbudowanej poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej**

W przypadku nadmiernego dopływu wód gruntowych do wykopu zaleca się wykonanie co najmniej jednej studni oraz co najmniej dwóch piezometrów w celu pomiaru ustabilizowanej wysokości zwierciadła wody gruntowej przy ustalonym stałym wydatku pompowanej wody ze studni.

Obliczenie wartości współczynnika filtracji dla zmodyfikowanego ośrodka gruntowego w wyniku robót jet grouting pozwoli określić stopień przepuszczalności poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej oraz określić jej stopień skuteczności w stosunku do założeń pierwotnych, na etapie którego obliczono prognozowany dopływ do wykopu przy założonej wartości współczynnika filtracji i wymaganej depresji zwierciadła wody gruntowej poniżej projektowanego dna wykopu.

**6.5.2.1 Metoda 1 – badania polowe – pomiar stałego dopływu do wykopu (wzór Darcy)**

 W celu przeprowadzenia badań polowych należy odczytać stały wydatek Q const. pompowanej wody z wykopu dla ustabilizowanego, maksymalnie obniżonego poziomu wód gruntowych.

Realizacja badania może przebiegać przy pomocy studni lub igłofiltrów. Pomiar poziomu ustabilizowanego zwierciadła wody należy wykonać w zabudowanych piezometrach lub studniach.

Według poniższej schematyzacji warunków hydrogeologicznych należy obliczyć wartość współczynnika filtracji w celu dokonania oceny stopnia przepuszczalności.



**6.5.2.2 Metoda 2 – badania polowe – odbudowa zwierciadła wody**

Na podstawie obserwacji i pomiarów odbudowy zwierciadła wody w studni można obliczyć wartość współczynnika filtracji określając jednocześnie stopień przepuszczalności gruntu, w tym przypadku cementogruntu stanowiącego poziomą przesłonę przeciwfiltracyjną.

W tym celu należy w zabudowanej studni/studniach wywołać ustabilizowaną depresję zwierciadła wody gruntowej przy stałym wydatku pompowanej wody. W dalszej kolejności po pomiarze głębokości zwierciadła wody w studni w dalszej kolejności przerywa się pompowanie.

Metoda polega na pomiarze czasu odbudowy zwierciadła wody według poniższego schematu. W celu porównawczym można przeprowadzić badania polowe przed i po wykonaniu poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej.



$k=\frac{2,302 \* 3,14 \* r }{240 \* C} [m/s]$ **– współczynnik filtracji**

r = ro - promień zastępczy „wielkiej studni” [m2]

$r= \sqrt{\frac{F}{π}} [m]$

F – pole powierzchni wykopu [m2]

C – miano przepuszczalności ośrodka gruntowego

$C=\frac{t\*log \frac{So}{S}}{\left( log\frac{So}{S}\right)^{2}}$

So – wielkość depresji początkowej [m]

S - wielkość depresji końcowej [m ]

t – pomierzony czas odbudowy zwierciadła wody pomiędzy So a S [ sekundy ]

**6.5.3. Pobór próbek – oznaczenie współczynnika filtracji**

**Wypływka**

W trakcie wykonywania poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej należy pobrać z wypływki minimum trzy próbki na każde 1000m2 wykonywanej przesłony.

W trakcie poboru próbek należy wizualnie ocenić jednorodność wypływającego urobku.

Próbki należy pobierać do form walcowych o proporcji wysokości do średnicy : 2:1

Oznaczone na podstawie badań laboratoryjnych wartości współczynnika filtracji z wypływki mogą odbiegać od rzeczywistych parametrów filtracyjnych związanego cementogruntu stanowiącego pozioma przesłonę przeciwfiltracyjną.

**Próbki rdzeniowe**

Dopuszcza się pobór próbek rdzeniowych po minimum 28 dniach od wykonania kolumn jet grouting w ramach poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej pod warunkiem, że w trakcie fazy projektowej i realizacji robót konkretne kolumny zostały przewyższone w celu dalszego poboru z nich próbek.

Nie zaleca się poboru próbek rdzeniowych z nie przewyższonych ( wydłużonych ) kolumn z uwagi na możliwość osłabienia parametrów wytrzymałościowych i możliwość powstania przebicia hydraulicznego.

Dotyczy to także poboru próbek rdzeniowych do badań wytrzymałościowych.

**Test Lugeona**

Do określenia współczynnika filtracji *in situ* można wykorzystać test pakera (Lugeona). Jednostka 1 Lugeona odpowiada ilości 1dm3 wody filtrującej z prędkością 1dm3/min z 1 m.b. badanego odwiertu, który przez okres 10 minut jest nasycany pod ciśnieniem 1MPa.

Test polega na wprowadzeniu we wcześniej wykonany odwiert (w ośrodku cementogruntowym) podwójnego pakera pneumatycznego, uszczelnienia otworu poprzez napomowanie pakerów a następnie wprowadzenia wody pod zadanym ciśnieniem w perforowaną przestrzeń ograniczoną pakerami oraz pomiarowi jej ubytku w czasie badania.



*Rys. Schemat osprzętu do wykonania testu Lugeona*

Test przeprowadza się 5 seriami w 10-minutowych interwałach, a otrzymane w oparciu o przeprowadzone pomiary wartości wodochłonności jednostkowej można skorelować ze współczynnikiem filtracji **k**.

Co do zasady, za ośrodek słabo lub nieprzepuszczalny uznaje się taki, w którym wartość współczynnika filtracji jest nie większa niż dla gruntów spoistych wynoszący 10-7 m/s

Ilość próbek i miejsce wykonania testu określi Inżynier (nadzór inwestorski).

* 1. **Tolerancje wykonania**
* rozstaw kolumn iniekcyjnych: ± 5 cm,
* głębokość formowania pali: - 10 cm (tolerancji plusowej nie ogranicza się),
* wytrzymałość cementogruntu na ściskanie:
* dla próbek uformowanych z mieszaniny wypływającej z otworu tzw. wypływki : -30 % (tolerancji plusowej nie ogranicza się),
* dla rdzeni z kolumn iniekcyjnych: - 5% (tolerancji plusowej nie ogranicza się).
* Pionowość otworu: 1 cm / 100cm, 1%
	+ 1. **Badania - odchyłki pionowości otworów**

W trakcie wykonywania przesłony poziomej w technologii jet grouting (w szczególności na dużych głębokościach powyżej 20 m.p.p.t oraz w trudnych warunkach geologicznych tj. występowanie otoczaków, rumoszu skalnego, oraz innych frakcji powyżej 63mm) należy wykonać badania pionowości otworów wiertniczych w celu weryfikacji lokalizacji kolumny względem jej projektowego położenia oraz określenia odchyleń od założeń projektowych. Ilość badań należy określić w projekcie technologicznym

Wyróżnia się kilka metod pomiarów pionowości otworu wiertniczego:

**- Pomiar inklinometrem**

Pomiar polega na opuszczeniu sondy/inklinometru oraz dokonaniu i zarejestrowaniu odczytów nachylenia sondy w stosunku do pionu w pasie żerdzi wiertniczych.

Po wywierceniu otworu przewód wiertniczy rozkręca się a do jego kanału wprowadza aparaturę pomiarową. Odczyty prowadzi się od dna otworu rejestrując położenie sondy a następnie podnosi się ją o jednostkowy odcinek pomiarowy (najczęściej jest to 0,5 m) i wykonuje kolejny odczyt. Procedurę tę powtarza się aż do chwili, gdy sonda znajdzie się na poziomie powierzchni terenu. Otrzymane wyniki powinny mieścić się w dopuszczalnych projektowych odchyleniach, a każdorazowe ich przekroczenie powinno być konsultowane z projektantem przesłony.

**- Pomiary w trakcie wiercenia (LWD – Logging While Drilling)**

Jest to technika wykonywania pomiarów przy wykorzystaniu specjalnego urządzenia rejestrującego zasilanego baterią, zainstalowanego zaraz nad narzędziem roboczym (monitorem). W trakcie wiercenia kolumny, wykonywana jest seria pomiarów w równych odcinkach wierconego otworu, mających na celu określenie wielkości i kierunku odchylenia odwiertu. Dane odchylenia oraz azymutu z wiercenia gromadzone są w pamięci urządzenia, które można pobrać po zakończeniu wykonywania odwiertu lub – w niektórych systemach – przekazywać w trakcie wiercenia.

Pomiary pionowości i głębokości wszystkich otworów oraz okresowa kontrola średnic pozwalają stworzyć przestrzenny model wykonywanych elementów oraz na bieżąco aktualizować siatkę kolumn i stosować działania naprawcze polegające na wprowadzeniu przez projektanta przesłony ewentualnych korekt w zakresie lokalizacji, średnicy i głębokości pozostałych kolumn.

1. **OBMIAR ROBÓT**

Jednostką obmiaru jest jeden metr [1 mb], [1m2] lub [1m3] uformowanej poziomej przesłony przeciwfiltracyjnej.

1. **ODBIÓR ROBÓT**
	1. **Zakres odbiorów**

Odbiorom podlegają:

* materiały wyjściowe,
* wykonana pozioma przesłona przeciwfiltracyjna

Końcowego odbioru dokonuje się na podstawie:

* stwierdzenia zgodności zakresu robót jet grouting z założonym w Dokumentacji Projektowej,
* stwierdzenia uzyskania parametrów założonych w Dokumentacji Projektowej na podstawie badań określonych w pkt 6 niniejszej ST.
	1. **Sposób postępowania w przypadku uzyskania negatywnych wyników badań**

W przypadku uzyskania negatywnych wyników badań Autor Dokumentacji Projektowej powinien stwierdzić:

* czy nie uzyskanie pozytywnych wyników badań jest skutkiem nie spełnienia wymogów niniejszej ST lub nie zachowania zasad technologicznych, czy też jest to wynik rozbieżności rzeczywistych warunków gruntowych od określonych w dokumentacji geologicznej,
* czy zachodzi potrzeba wykonania dodatkowych kolumn iniekcyjnych celem zwiększenia stopnia wzmocnienia gruntu.

Jeśli potrzeba wykonania dodatkowych kolumn nie jest spowodowana winą Wykonawcy, roboty będą robotami dodatkowymi, za wykonanie których Wykonawcy przysługuje dodatkowe wynagrodzenie.

1. **PODSTAWA PŁATNOŚCI**

Płaci się za odebraną ilość metrów : [mb] , [m2], [m3] wykonanych kolumn iniekcyjnych wg ceny jednostkowej, która obejmuje zapewnienie wszystkich czynników produkcji tj.

* materiały,
* dostarczenie, zainstalowanie, późniejszy demontaż sprzętu do iniekcji,
* wytyczenie osi kolumn iniekcyjnych,
* dokonanie formowania kolumn,
* pobieranie prób mieszaniny cementowo gruntowej
* wykonanie geodezyjnego operatu powykonawczego,
* usunięcie z terenu budowy odpadów i pozostałości procesu technologicznego, z wykluczeniem rdzeniami wiertniczych wypełnionych zaczynem iniekcyjnym pozostających w gruncie,
* wykonanie badań kontrolnych,
* uporządkowanie miejsca pracy.

Wiercenia rdzeniowe w uformowanych kolumnach iniekcyjnych i badanie wytrzymałości na ściskanie pobranych rdzeni podlegają odrębnemu rozliczeniu.

Wykonanie badań zleconych przez Inżyniera (nadzór inwestorski) podlega oddzielnej zapłacie tylko wtedy gdy wyniki tych badań potwierdzają jakość robót zgodną z wymaganiami Specyfikacji Technicznej.

1. **Przepisy i normy związane**

PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów.

PN-B–02481:1998 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar

PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe

PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu

PN-EN 12716 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Iniekcja strumieniowa.

PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badania i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesu produkcji betonu.

PN-EN 196-3:Metody badania cementu. Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości

PN-EN 196-6:Metody badania cementu. Oznaczanie stopnia zmielenia

PN-EN 197-1: 2002 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.

PN-EN 197-2: 2002 Cement. Część 2: Ocena zgodności

PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.

PN-83/B-02482 Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.