

Wytyczne użycia rur przy pracach mikrotunelingu

SPIS TREŚCI

1.	Charakterystyka rur żelbetowych	3
1.1.	Budowa rury żelbetowej do przecisków	3
1.2.	Metoda bezwykopowa budowania kanałów	3
1.3.	Obciążenia działające na rury przeciskowe	4
	TABELA 1. Obciążenia działające na rurę przeciskową[2].....	4
2.	Instrukcja montażu rur przeciskowych - konstrukcja połączenia.....	5
2.1.	Uszczelki	5
2.2.	Kołnierz stalowy-manszeta	6
2.3.	Pierścień drewniany	6
2.4.	Haki transportowe	7
	TABELA 2. Rodzaj zawiesi do rozładunku rur	7
3.	Zbrojenie w rurach przeciskowych	7
3.1.	Rury standardowe	7
3.2.	Rury międzystacyjne	8
3.3.	Rury czołowe	8
3.4.	Rury z otworami smarującymi	8
	TABELA 3. Typoszereg rur przeciskowych P.V.....	9
4.	Obliczenie siły przeciskowej wg. EN 1916	9
4.1.	Projektowana siła przeciskowa deklarowana przez producenta F_j	9
4.2.	Maxymalna siła przeciskowa dla złącza zamkniętego F_{cj} (centryczna).....	9
4.3.	Maxymalna siła przeciskowa dla złącza otwartego F_{oj} (po łuku)	9
5.	Charakterystyka komór startowych	10
5.1.	Wprowadzenie	10
5.2.	Dobór komory startowej	10
	TABELA 4 Wymiary nominalne komór dla maszyn COMPACT'owych do rur P.V.....	11
5.3.	Elementy konstrukcyjne komory startowej.....	11
	TABELA 5. Pierścień wejściowy uszczelniający.....	14
5.4.	Techniki odwadniania komór startowych	14
6.	Charakterystyka komory żelbetowej prefabrykowanej	15
6.1.	Zastosowanie komory prefabrykowanej do przecisków.....	15
6.2.	Elementy konstrukcyjne komór prefabrykowanych.....	16
6.3.	Etapy osadzania obudowy żelbetowej	17
7.	Literatura.....	18

1. Charakterystyka rur żelbetowych

1.1. Budowa rury żelbetowej do przecisków.

Materiały, z których wykonany ma być przewód metodą mikrotunelowania zależy od przeznaczenia przewodu, wymaganej wytrzymałości mechanicznej, odporności na obciążenia chemiczne i biologiczne oraz możliwości dostosowania połączeń do wymagań technologicznych transportowanego medium (ciśnięć).

Rury żelbetowe wykonywane są z betonów wyższych klas ze zbrojeniem zapewniającym przenoszenie sił niezbędnych do przeciskania na odcinkach o różnych długościach. Każda rura zawiera pierścień będący „kielichem” rury, który wykonany jest ze stali zwykłej lub kwasoodpornej. Przekładki drewniane pozwalają na niwelację punktowych obciążeń czoł elementów, a także na możliwość ułożenia rur po łuku. Szczelność zapewniają uszczelki z kauczuku syntetycznego, dobierane w zależności od stopnia agresywności medium.

Rury produkowane są w formach stalowych metodą odlewania, co zapewnia wyrobom wymagane wymiary i gładkość powierzchni. Beton w formie zagęszczany jest metodą wibrowania. Produkcja obejmuje trzy rodzaje rur: rury standardowe, rury czołowe, rury międzystacyjne. Dodanie litery L w oznaczeniu rury, oznacza rurę z otworami do wprowadzenia bentonitu. Jednym z ważniejszych elementów w dojściu do wymaganej jakości dla rur żelbetowych i betonowych jest rozwinięcie systemu łączenia rur. Duże znaczenie ma tu opracowanie dobrych i pewnych systemów uszczelniania rur oraz poprawa systemu ochrony antykorozyjnej.

1.2. Metoda bezwykopowa budowania kanałów

Ogólna zasada budowy przewodu kanalizacyjnego metodą bezwykopową polega na utworzeniu w gruncie przestrzeni, w którą wpychana jest rura o wymaganej średnicy. Siły wciskające są wywierane przez siłowniki hydrauliczne zamontowane w komorze startowej i zapierające się o specjalnie zaprojektowany blok oporowy. Długość przepychu determinuje ukształtowanie i zabudowa terenu oraz warunki gruntowe. Może ona być wydłużona poprzez zastosowanie stacji pośredniej siłowników (oraz gdy uzyska się 80% maksymalnej siły jaka mogą przenieść rury). Ze względu na skomplikowany charakter pracy rurociągu na etapie realizacji w jego skład wchodzi rury o różnej konstrukcji i kształcie:

- Rury zwykle stanowiące segmenty przepychu,
- Rura czołowa o niezmienionej geometrii ale ze wzmocnionym zbrojeniem,
- Rury międzystacyjne z przedłużoną płaszczyzną styku i pierścieniem stalowym,

- Rury zwykłe z otworami do wprowadzania bentonitu- zmniejszającego tarcie

1.3. Obciążenia działające na rury przeciskowe

Rozkład obciążeń działających na rurę układaną metodą mikrotunelowania odbiega znacząco od schematu obciążeń dla rur układanych metodami wykopowymi. W fazie realizacji, poza obciążeniami prostopadłymi do osi, na rurę działają znaczne siły podłużne. Rozkład obciążeń prostopadłych do osi rury jest z uwagi na skonsolidowanie środowiska gruntowego znacznie bardziej wyrównany, a więc korzystny dla rury. Wobec braku polskiej normy określającej sposób wyznaczania obciążeń i wykonywania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych takich rur, do obliczeń często wykorzystuje się wytyczne ATV A 161 [2], które wyróżniają dwa etapy pracy rury przeciskanej:

- etap realizacji przewodu (przecisk),
- etap eksploatacji przewodu.

OBCIĄZENIA DZIAŁAJĄCE POPRZECZNIE DO OSI PRZEWODU		
	ETAP REALIZACJI	ETAP EKSPLOATACJI
CIEŻAR WŁASNY	+	+
CIEŻAR GRUNTU	+	+
OBC. POWIERZCHNIOWE	+	+
PARCIE BOCZNE GRUN.	+	+
OBC. KOMUNIKACYJNE	+	+
WEWN. NADCISNIENIE		+
WEWN. PODCIŚNIENIE		+
ZEWN. PARCIE WODY DO POZIO. SKLEPIENIA PRZEWODU	+	+
PARCIE LUBRYKATU	+	
CIŚNIENIE POWIETRZA		+
SIŁY ZWIĄZANE Z PRZECISKIEM	+	
WYPÓR	+	+
OBCIĄZENIA DZIAŁAJĄCE PODŁUŻNIE DO OSI PRZEWODU		
SIŁY PRZECISKOWE	+	
STEROWANIE PRZECISKIEM	+	

TABELA 1. Obciążenia działające na rurę przeciskową[2]

Konsekwentnie, wielkość obciążeń komunikacyjnych działających na rurę wyznacza się często według wytycznych ATV A 127 [1]. Określenie maksymalnej siły wciskania, jaka powinna być uwzględniona przy konkretnej realizacji jest trudne i budzi najwięcej kontrowersji. Wykonawcy mikrotuneli często zgłaszają, że przewidywane siły, na które zostały zaprojektowane rury znacznie przewyższają siły mierzone w rzeczywistości (podczas mikrotunelowania). Skutkuje to niepotrzebnym przewymiarowaniem grubości ścianek rur, a tym samym wzrostem ich kosztów, co obniża konkurencyjność technologii.

2. Instrukcja montażu rur przeciskowych - konstrukcja połączenia.

2.1. Uszczelki

Dla rury standardowej [S] i czołowej [C] dobrano uszczelki firmy DS DICHTUNGTECHNIK typu LK. Podstawowe dane techniczne i materiałowe spełniają wymogi norm [12]. Dotyczy to w szczególności kryterium szczelności połączenia – zachowanie szczelności przy ciśnieniu zewnętrznym 2 atm. Uszczelki mają kształt klinowy w przekroju poprzecznym. Są wykonywane z elastomeru odpornego praktycznie na wszystkie media mogące wystąpić w gruncie i przy transporcie materiału rurą. Dla rur międzystacyjnych (M) przewidziano ten sam rodzaj uszczelki. Zapewniają one szczelność przy wielokrotnym przemieszczaniu się końców rur względem siebie, w kierunku podłużnym. Umieszcza się je na końcu bosym rury w specjalnie ukształtowanych „kieszeniach”. Oprócz szczelności przy parciu zewnętrznym i odporności na siły ścinające zapewniają one również szczelność połączenia przy odchyleniu rury o 12500/DN mm/m długości rury. Ma to szczególne znaczenie przy wykonywaniu kolektorów zakrzywionych w planie.

Montaż uszczelek

Przed montażem należy oczyścić łączone końce rur. Nałożona uszczelka nie powinna być skręcona. Wszystkie typy uszczelek powinny być przechowywane luźno – bez naprężeń wstępnych występujących w czasie montażu. Ponadto nie powinny być narażone na bezpośrednie oddziaływanie promieniowania słonecznego oraz na kontakt z substancjami ropopochodnymi. Uszczelka ze względu na dobre ułożenie w „kieszeni” jest ciasno pasowana, dlatego zakładać ją powinny dwie osoby bez używania jakichkolwiek narzędzi. Przed połączeniem rur należy **posmarować** uszczelkę oraz pierścień stalowy (kielich) od wewnątrz środkiem antyadhezyjnym zmniejszającym tarcie uszczelki o stal.

Oprócz omówionych uszczeltek zastosowano uszczelnienie zakotwienia pierścienia stalowego w płaszczu żelbetowym rury - kitem na bazie silikonu SIKAFLEX. Ma to na celu zapobiec eksfiltracji medium na zewnątrz rury lub infiltracji wody gruntowej do środka rury. Uszczelnienie to będzie wykonane w szczelinie (szczelina będzie wyprofilowana na etapie betonowania) na całym obwodzie rury pod pierścieniem stalowym.

2.2. Kołnierz stalowy-manszeta

Pierścień wykonany z blachy (stal 18G2) ocynkowanej lub pomalowanej dwoma warstwami standardową farbą olejną np.: podkładowa chlorokauczukowa farba gruntokor „C” oraz nawierzchniowa emalia chlorokauczukowa „C”. Na specjalne zamówienie wykonujemy manszety ze stali kwasoodpornej, stali o podwyższonej odporności na warunki atmosferyczne COR-TEN i inne. Manszeta jest trwale połączona z płaszczem żelbetowym za pomocą pręta kotwiącego spawanego do płaszcza stalowego. Pierścień stalowy zalewany jest w rdzeniu betonowym na etapie betonowania. Rozbudowane połączenie występuje w rurach międzystacyjnych:

- MK – ma skróconą część żelbetową ale w zamian wydłużony kołnierz stalowy. Pierścień tak jak w (S) połączony z płaszczem za pomocą prętów kotwiących,
- M – ma wydłużony koniec żelbetowy o zmniejszonej średnicy zewnętrznej, co pozwala na jego przemieszczanie wewnątrz płaszcza stalowego.

2.3. Pierścień drewniany

Pierścień powinien być wykonany z miękkiego drewna - sosna bez sęków lub ze sklejki. Grubość pierścieni nie powinna przekraczać 20 mm. Podatność pierścienia pozwala na kształtowanie krzywoliniowej trasy przycisku – stąd stosowane są różne kombinacje przekładek: sklejka + drewno, pozwalające na zmianę podatności złącza.

Montaż pierścienia drewnianego

Pierścień drewniany mocowany jest w zakładzie produkującym rury. Mocowanie polega na przytwierdzeniu go trwale do rdzenia betonowego za pomocą kołków szybkiego montażu lub przyklejenia na silikon. **Pierścień pozostaje w połączeniu przez cały czas realizacji mikrotunelu.** Ma on na celu niwelację punktowych obciążeń w wyniku styku betonowych czoł elementów, a także na możliwość ułożenia rur po łuku. **Z uwagi na docisk czoł rur nie wyciągamy pierścienia**

drewnianego. Pozostawiony w wykonanym kanale rozłoży się po jakimś czasie, lecz nie spowoduje to żadnych nieszczelności połączenia, gdyż nie stanowił on elementu uszczelniającego.

2.4 Haki transportowe

Rury należy składować w pozycji wbudowania (poziomo), opierając je liniowo i podpierając klinami drewnianymi. Nie zaleca się składować rur o średnicach > DN 1200mm – jedna na drugiej. W trakcie transportu nie powinno się dopuszczać do opierania się rur na pierścieniu stalowym (manszecie). W celu transportowania rur zamontowano na etapie betonowania w rdzeniu rury haki kulowe HALFEN DEHA. Do podawania rur na budowie należy zastosować sprzęgi uniwersalne odpowiednie do danej klasy obciążeń z tego samego systemu transportowego HALFEN DEHA. **Po ułożeniu rury w pozycji gotowej do zabudowania (przecisku), należy zakleić wodoszczelna zaprawą otwory wokół haków transportowych.** Rury o średnicach DN500, DN600 i DN800 produkowane są bez haków transportowych.

zawiesia kulowe typu HALFEN DEHA potrzebne do podnoszenia rur		
ŚREDNICA RURY DN[mm]	Ilość zawiesi	Rodzaj zawiesi
1000÷1200	2	6102-3/5
1400÷2000	2	6102-6/10
2400÷2600	2	6102-12/20

TABELA 2.Rodzaj zawiesi do rozładunku rur.

3. Zbrojenie w rurach przeciskowych

3.1. Rury standardowe

Podstawowe zbrojenie (S) składa się z dwóch koszy zbrojeniowych: wewnętrznego i zewnętrznego **PV-S-150-1400** wg rysunków. Zbrojenie koszy zewnętrznych składa się z pręta uzwajającego o skoku i średnicy wg rysunków. Na krawędziach elementu skok zagęszczono wg dok. techn. Na krawędziach rury zmniejszono średnicę kosza zewnętrznego co jest konieczne z uwagi na obecność pierścienia stalowego – musi być zachowana projektowana grubość otuliny. Kosz wewnętrzny jest zbrojony

spirala o mniejszej średnicy wg dok. techn. Zbrojenie podłużne stanowią proste pręty wg rysunków. Zbrojenie spiralne i podłużne można łączyć poprzez zgrzewanie.

3.2. Rury międzystacyjne

Podstawowe zbrojenie rury (MK) stanowią kosze zbrojeniowe o identycznych skokach jak w przypadku rur S. Są one jednak krótsze bo krótsza jest długość płaszczka żelbetowego. Dla rury międzystacyjnej M zmiana ulega tylko konstrukcja kosza zewnętrznego, gdyż zmniejsza się zewnętrzna średnica rury na odcinku połączenia z pierścieniem stalowym rury MK.

Ze względu na prace siłowników w rurach międzystacyjnych stosuje się przekładki stalowe z St3S zakotwione co 250mm płaskownikiem 5x30mm, L=250mm przyspawany spoiną obwodową.

3.3. Rury czołowe

Rury czołowe (C) są elementami najsilniej obciążonymi miejscowo – znajdują się bezpośrednio za głowicą roboczą przecisku. Z uwagi na to zbrojenie rury standardowej wzmocniono poprzez zagęszczenie skoku spirali zbrojenia wg dok. techn. Dodatkowo na końcach rury zaprojektowano konstrukcyjne strzemiona połączone z prętami zbrojenia podłużnego wg rysunków.

3.4. Rury z otworami smarującymi

Na obwodzie rury (SL) w jednym przekroju umieszcza się (na etapie betonowania) rurki służące przy realizacji mikrotunelu do iniektowania bentonitu (ilość otworów należy uzgadniać z odbiorcą). W otworach osadzona jest rura stalowa ocynkowana 1" jednostronnie nagwintowana, pod która od strony wewnętrznej znajduje się złączka 1". W złączkę wkręca się zawór plastikowy do iniekcji bentonitu. Po iniekcji w złączkę wkręca się korek zabezpieczający a pozostałą część otworu wypełnia się szpachlą epoksydową.

RURY PRZECISKOWE P.V. PREFABET S.A.											
RODZAJ GRUNTU: G1-G4, ZAGŁĘBIENIE 1-10m, OBCIĄŻENIE KOMUNIKACYJNE SLW60, (wg. ATV A161)											
WYMIARY OGOLNE				CIĘŻAR	POŁĄCZENIE			DANE STATYCZNE- WYTRZYMAŁOŚCIOWE			
DN=d1	da	s	L	G	d3	t1	d2	OBCIĄŻENIE DOPUSZCZ.	SIŁA PRZECISK.	BETON	

Zarząd: Joachim Amthor (Prezes)

Organ rejestrowy: Sąd Rejonowy Sąd Gospodarczy VIII Wydziału Krajowego Rejestru Sadowego Opole 0000130413

Kapitał zakładowy: 1 171 600,00 PLN – opłacony w całości

NIP 751-00-02-415 REGON 531051710

Przewodniczący Rady Nadzorczej: Ernestos Varvaroussis

Konto: Bank Polskiej Spółdzielczości o/ Opole nr 30 1930 1028 2010 0002 8222 0001



									CENTRYCZNA	
Mm	mm	mm	mm	kg/szt	mm	mm	mm	kN/m	MN	-
500	660	80	2000	725	624	180	646	82,5	2,16	C45/55
500HiPe									3,35	C70/85
600	765	82,5	2000	880	729	180	751	99	2,53	C45/55
600HiPe									3,95	C70/85
800	965	82,5	2000	1137	929	180	951	132	3,30	C45/55
800HiPe									5,11	C70/85
1000	1280	140	3000	3759	1230	200	1260	150	7,00	C40/50
1200	1490	145	3000	4593	1440	200	1470	180	8,80	C40/50
1400	1720	160	3000	5878	1670	200	1700	210	12,00	C40/50
1600	1940	170	3000	7086	1880	200	1916	240	14,70	C40/50
2000	2400	200	3000	10362	2340	200	2376	300	23,30	C40/50
2400	2900	250	3000	15602	2840	250	2876	360	38,00	C40/50
2600	3140	270	3000	18249	3080	250	3116	390	45,50	C40/50

TABELA 3. Typoszereg rur przeciskowych P.V. Podane w tabeli klasy wytrzymałości i dopuszczalne siły przeciskowe stanowią ofertę standardową. Możliwe jest wykonanie rur z betonów klasy C70/85 oraz C90/105.

4. Obliczenie siły przeciskowej wg. EN 1916

4.1 Projektowana siła przeciskowa deklarowana przez producenta F_j

$F_j = 0,6 \times f_{ck} \times A_c$ [MN] (wg. EN 1916 załącznik B)

f_{ck} = wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie [MPa]

A_c = pole przekroju złącza rury poddanego ścisnaniu [m²]

4.2 Maxymalna siła przeciskowa dla złącza zamkniętego F_{cj} (centryczna)

$F_{cj} = 0,5 \times F_j$ [MN]

4.3 Maksymalna siła przeciskowa dla złącza otwartego F_{oj} (po łuku)

Zarząd: Joachim Amthor (Prezes)

Organ rejestrowy: Sąd Rejonowy Sąd Gospodarczy VIII Wydziału Krajowego Rejestru Sadowego Opole 0000130413

Kapitał zakładowy: 1 171 600,00 PLN – opłacony w całości

NIP 751-00-02-415 REGON 531051710

Przewodniczący Rady Nadzorczej: Ernestos Varvaroussis

Konto: Bank Polskiej Spółdzielczości o/ Opole nr 30 1930 1028 2010 0002 8222 0001



$$F_{0j} = e \times F_{cj} \text{ [MN]}$$

e = współczynnik zmniejszający obciążenie (mimośrodowo) (wg. EN 1916)

5. Charakterystyka komór startowych

5.1. Wprowadzenie

Wymagania w stosunku do szybu początkowego różnią się znacznie w zależności od stosowanej maszyny, warunków gruntowych, długości i materiału rur, długości całego rurociągu oraz rodzaju instalacji. Szyby mogą być okrągłe, prostokątne lub owalne; ze ściankami szczelnymi, z wyłożeniem segmentowym lub w obudowie kesonowej, a nawet bez żadnego wsparcia, jeśli warunki gruntowe tego dopuszczają. Dla omawianej



technologii najczęściej spotykanymi konstrukcjami szybów roboczych są komory wykonywane ze ścianki szczelnej. W tych szybach komorę rewizyjną wykonuje się z prefabrykatów lub odlewa się jako żelbetową. W przypadku ciężkich warunków wodno-gruntowych stosuje się metody zapuszczania kręgów lub tubingów połączonych ze sobą szczelnie. W tej metodzie obudowa szybu startowego może stanowić komorę rewizyjną lub zostać zredukowana do mniejszej średnicy. Dane dotyczące organizacji placu budowy, wykonawstwa (ewentualnych korekt wykonawczych) zawarte są w normie DIN 18319. Inną normą do przecisków z zakresu projektowania i wykonawstwa jest ATV A 125, która określa rodzaj maszyn i ich wyposażenie, wielkość studni startowych i odbiorczych, sposób prowadzenia robót przy przecisku (pod trasami kolejowymi, szlakami wodnymi, drogami szybkiego ruchu) oraz określa odległości między studniami.

5.2. Dobór komory startowej

Dobór komory startowej odbywa się po uwzględnieniu wielu czynników zarówno warunków gruntowych jak i ekonomiki wykorzystania (czy komora startowa ma stanowić w fazie użytkowania komorę rewizyjną). Rozmiar i konstrukcja szybów roboczych zależna jest od takich czynników jak:

- rodzaju maszyny wciskającej – skok siłowników + wymiar płyty dociskowego
- wartości siły wciskającej – wymiar bloku oporowego

Zarząd: Joachim Amthor (Prezes)

Organ rejestrowy: Sąd Rejonowy Sąd Gospodarczy VIII Wydziału Krajowego Rejestru Sadowego Opole 0000130413

Kapitał zakładowy: 1 171 600,00 PLN – opłacony w całości

NIP 751-00-02-415 REGON 531051710

Przewodniczący Rady Nadzorczej: Ernestos Varvaroussis

Konto: Bank Polskiej Spółdzielczości o/ Opole nr 30 1930 1028 2010 0002 8222 0001

- dopuszczalnego rozmiaru szybu – ograniczenia terenowe
- warunków gruntowo - wodnych
- głębokości szybu
- rodzaju i długości odcinków instalowanego rurociągu

Posiadając wszystkie te informacje należy przeanalizować dobór komory pod względem kosztów zarówno materiałowych jak i wykonawczych.

KOMORA - STUDNIA	SREDNI CA NOMINA LNA	DN [m m]	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
	DŁUGOŚĆ RURY	[m m]	2000	2000	2000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
STARTO WA	Okrągła	[m]	3.2	3.2	3.2	4.57	4.87	6.5	6.5	6.5	7.5
	Prostoką ta	[m]	-	-	4.5x 3.5	4.5x 3.5	5.5x 4.5	5.5x 4.5	6.5x 4.5	5.5x 4.5	7x5
ODBIORC ZA	Okrągła	[m]	2.5	2.5	3.2	3.6	4.5	4.5	5	5.5	6
	Prostoką ta	[m]	2.3x 1.2	2.4x 1.4	2.9x 2	3.4x 2.5	4.5x 2.5	4.5x 2.5	5x3	5x3	5.5x3. 5

TABELA 4: Wymiary nominalne komór dla maszyn COMPACT'owych do rur P.V.

W przypadku zastosowania maszyn MAIN JACKING STATION dla rur o DN>1200 do wymiaru komory równoległego do osi przecisku należy doliczyć długość cylindrów maszyny przeciskowej.

5.3. Elementy konstrukcyjne komory startowej

5.3.1. Obudowa wykopu

W terenie trudno dostępnym lub gęsto zabudowanym wykopy są wykonywane ze skarpami pionowymi zabezpieczonymi obudową tymczasową. Szerokość wykopu przystosowujemy do zewnętrznego obrysu obudowy uwzględniając dodatkową przestrzeń roboczą między jej ścianami a szalowaniem wyrobiska rzędu 60-80 cm.



Zabezpieczenie pionowych ścian wykopów wykonuje się dwoma sposobami:

- w gruntach nawodnionych zapuszczamy komory z elementów żelbetowych lub wbijamy ściankę szczelną wraz z jej rozparciem lub zakotwieniem,

- W trudnych warunkach miejskich jako obudowy stalowe komory doskonale sprawdzają się ścianki szczelne i urządzenie do wciskania grodzic typu GIKEN Z-PILER. Jest to prasa hydrauliczna, która umożliwia wciskanie grodzic bez oddziaływań dynamicznych. Bardzo dobre rezultaty odnotowuje się w gruntach spoistych np. iłach, dzięki zastosowaniu techniki podpłukiwania wodą pod wysokim ciśnieniem pod stopę grodzicy. Maszyna ma bardzo niską emisję hałasu i nie zajmuje miejsca, ponieważ porusza się bezpośrednio po zainstalowanych grodzicach. Wydajność maszyny to ok.1m/h przy długości grodzicy ok.10m.



Jeżeli zdecydujemy się na klasyczny zestaw żuraw + kafar to należy wziąć pod uwagę także dogodność miejsca do ustawienia dźwigu i składowania materiałów. Niestety nie w każdym miejscu warunki realizacji są korzystne i dlatego już na etapie projektu należy przewidywać położenie komory startowej lub odbiorczej.

5.3.2. Dno wykopu

- **Podsypka**

Dno wykopu trzeba wypełnić i zagęścić warstwowo. Przy wysokim stanie wody gruntowej należy szczególnie dobrze zagęścić strefę dolną. Grubość podsypki powinna wynosić od 30 do 40cm. Najczęściej podsypkę stanowi piasek średni.

- **Warstwa wyrównawcza**

Ze względu na znaczne ciężary maszyny wciskającej, oraz jednocześnie wysokie wymagania dotyczące



precyzji wykonywania przecisku ważnym elementem jest wykonanie na dnie wykopu odpowiedniej warstwy wyrównawczej zabezpieczającej przed nierównomierną pracą maszyny. Warstwę najczęściej stanowi beton B10 o grubości 10-15cm.

5.3.3. Blok oporowy

Cechą wspólną dla każdego szybu startowego jest posiadanie najistotniejszego elementu, czyli ściany oporowej dla urządzenia wpychającego, które poprzez system siłowników, przeciska instalowany rurociąg, wraz z głowicą urabiającą grunt. Parametry bloku oporowego muszą być zatem dobrane w taki sposób, aby móc zapewnić dostateczne parametry dla przeniesienia sił nacisku (dochodzących do 1000 ton) i nie dopuścić do uszkodzenia obudowy szybu i przekroczenia granicznego oporu gruntu za obudową. W niektórych sytuacjach ścianę oporową może stanowić po prostu tylna ściana szybu, ale jest to przypadek bardzo rzadki; zwykle należy wykonać specjalną ścianę oporową. Ściana ta, często o konstrukcji betonowej, stanowi integralną część szybu i może zostać zaprojektowana z tzw. przecienieniem, aby umożliwić prowadzenie drugiego odwiertu w przeciwnym kierunku lub, aby maszyna mikrotunelingu wiercąca z innego miejsca mogła wykorzystać ten szyb jako punkt końcowy. Ściana oporowa musi zapewnić ramie wpychającej uzyskanie maksymalnej siły wciskania przy równoczesnym utrzymaniu integralności struktury szybu i otaczającego gruntu tak, aby nie odkształcać końcowej struktury rurociągu.

5.3.4. Pierścień wejściowy



W ścianie czołowej szybu startowego instalowany jest uszczelniający pierścień wejściowy o średnicy większej o jedną dymensję od średnicy głowicy urabiającej i instalowanego rurociągu. Podobny pierścień montowany jest w szybie końcowym. W celu zapobieżenia dostania się lubrykatu (podawanego pod ciśnieniem przeciskanym rurom) lub wody gruntowej przez okno wejściowe do komory, instalowana jest uszczelka. Typ zabezpieczenia zależy od maksymalnego spodziewanego ciśnienia lubrykatu lub wody gruntowej.

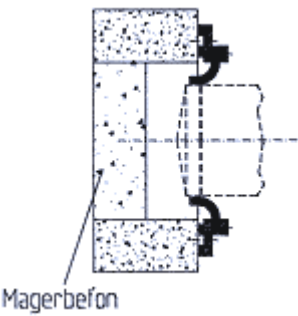
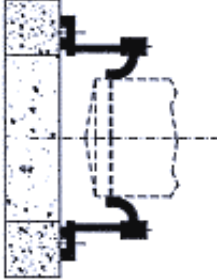

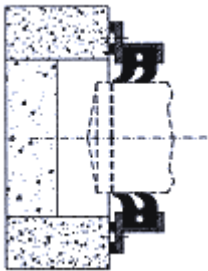
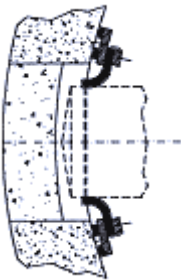
Prostokątna komora – małe parcie wody	
<p>Betonowa ściana z wcięciem</p>  <p>Magerbefon</p>	<p>Betonowa ściana bez wcięcia</p> 
Prostokątna komora – duże parcie wody	
	
Okrągła komora – małe parcie wody	
	

TABELA 5. Pierścień wejściowy uszczelniający.

5.4. Techniki odwadniania komór startowych

Z budową wykopów związany jest problem odwodnienia wykopu uwzględniając zarówno obniżenie poziomu wód gruntowych, jak i ujęcie wód opadowych. Woda stwarza jedno z największych zagrożeń

w budownictwie podziemnym, szczególnie w czasie drążenia wyrobisk i wykopów położonych poniżej zwierciadła wód gruntowych lub podziemnych. Zagrożeniami są duże doły wody, zwłaszcza gwałtowne jej wtargnięcie do wykopu, duże ciśnienie hydrostatyczne powodujące przebicie uszczelnienia obudowy i agresywność chemiczna wód zasolonych. Skuteczna walka z zagrożeniami wodnymi jest podstawowym zadaniem prawidłowo prowadzonych robót podziemnych i odkrywkowych. Oprócz uszczelnienia obudowy ogradzającej wykop ważnym zabiegiem jest odwodnienie masywu gruntowego, a szczególnie obniżenie zwierciadła wody. Budowle podziemne mogą być wykonywane w leju depresyjnym. Pompowanie lub grawitacyjne odprowadzenie wody gwarantuje poprawne wykonawstwo robót budowlanych, zwłaszcza izolacyjnych. Wymuszony odwodnieniem ruch wody może jednak przyczynić się do naruszenia struktury górotworu, fizycznego wymywania jego drobnych cząstek, chemicznego rozpuszczania i wreszcie osiadania podłoża budowlanego. Obniżenie zwierciadła wody może spowodować procesy gnilne drewnianych urządzeń podziemnych, takich jak pale fundamentowe pod budowlami zabytkowymi bądź pozbawienie roślin wilgoci i naruszenie ich wegetacji. Każde urządzenie odwadniające musi więc być bardzo dokładnie przeanalizowane pod wieloma kątami widzenia, aby wybrać rozwiązanie najbardziej skuteczne, a jednocześnie najmniej szkodliwe dla środowiska. Sposób obniżania poziomu wód gruntowych powinien być określony w projekcie budowlanym robót ziemnych. Szczególną ostrożność należy zachować w przypadku gruntów kurzawkowych (pył, pył piaszczysty, piasek pylasty). W przypadku takich gruntów najczęściej zachodzi konieczność odwadniania wykopów za pomocą igłofiltrów lub studni wierconych. Dla pozostałych gruntów sypkich stosuje się najczęściej pompowanie wody wprost z wykopu.

6. Charakterystyka komory żelbetowej prefabrykowanej

6.1. Zastosowanie komory prefabrykowanej do przecisków.

W miejscu komory startowej w późniejszym etapie musi powstać komora rewizyjna. Duże komory buduje się konwencjonalnie jako żelbetowe odlewane na budowie. Obok firmy inżynierskiej konieczna jest tu często firma specjalizująca się w robotach zbrojarsko-betonowych. Pracochłonne wykonanie obciąża przebieg budowy (plan terminowy, nadzór), jest zależne od warunków atmosferycznych i fachowego personelu oraz powoduje często ewentualne koszty dodatkowe takie jak utrzymanie zwierciadła wody gruntowej lub także koszty przestoju. Prefabrykacja gwarantuje jakość i terminy, a przez to obniża koszty. Prefabrykowana komora z elementów żelbetowych oprócz takich czynników jak szczelność i trwałość może nam posłużyć docelowo jako komora rewizyjna, co zwiększa efektywność montażu zamkniętego dla kanalizacji miejskiej.

6.2. Elementy konstrukcyjne komór prefabrykowanych



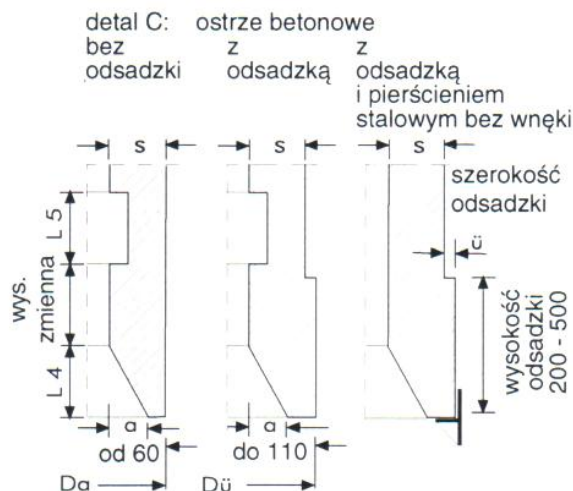
Z uwagi na szybkość wbudowywania i bez potrzeby obniżenia zwierciadła wody gruntowej, została przejęta metoda opuszczania także dla komór startowych i końcowych. Wymiarowanie elementu dolnego takiej konstrukcji jest określone przez położenie i wielkość otworów przejazdowych w połączeniu z siłami parcia, tak że ścianki następujących kręgów mogą być cieńsze. Podczas gdy wysokość elementu dolnego zależna jest od techniki parcia i osadzania, to wysokość kolejnych kręgów zależy od całkowitej wysokości studni.

parcia i osadzania, to wysokość kolejnych kręgów zależy od całkowitej wysokości studni.

6.2.1. Ostrze betonowe

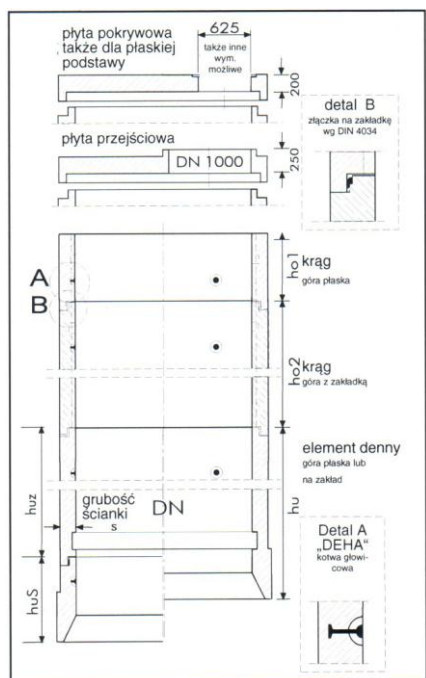
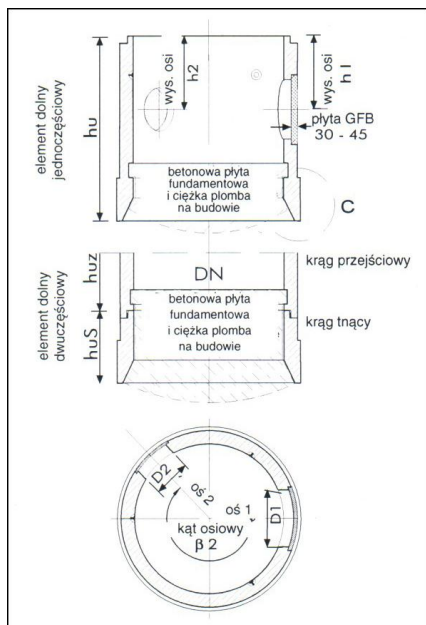
Osadzanie komór z prefabrykatów wspierane jest poprzez betonowe ostrze, które dopasowywane jest odpowiednią formą do wybieranego gruntu, i wzmocniane dodatkowo stalowym ostrzem przy zwięzłych gruntach.

Ostrze betonowe



6.2.2. Betonowa płyta fundamentowa

Przy głębokich szybach i wysokim stanie wody gruntowej, co powoduje duży wypór, konieczne są poniżej podstawy wykonanie ciężkiej plomby betonowej. Ponieważ wysokości konstrukcyjne elementów dolnych mogłyby nie wystarczyć, to stosuje się poniżej płyty fundamentowej dodatkowy krąg tnący, co oznacza że element dolny jest dwuczęściowy.



Betonowa płyta fundamentowa, jako część plomby, albo wbudowana na odpowiedniej wysokości do otworów przejazdowych powyżej plomby betonowej, jest zazębiona i uszczelniona w otworach elementu dolnego.

Element dolny konstrukcji zapuszczanej posiada otwory przejazdowe, które są dla fazy osadzania przesłaniane w czasie produkcji płytami GFB (beton na bazie włókien szklanych).

Dla małych przekrojów rur przeciskowych, w zależności od metody przeciskowej, mogą być stosowane dodatkowo w otworach przejazdowych elastomerowe uszczelki membranowe.

Przy rozmieszczaniu otworów przejazdowych należy uwzględnić stany graniczne ze statycznego i konstrukcyjnego punktu widzenia:

- wystarczający odstęp od górnej krawędzi
- wystarczające żebra betonowe między otworami
- wystarczające wsparcie/podparcie płyty oporowej

Połączenia wieloelementowe w takich konstrukcjach wykonane jest na zakładkę z uszczelkami elastomerowymi lub w przypadku tubingów skręcane śrubami.

Jeżeli rozbudowujemy taki szyb jako komorę rewizyjną, to otrzymuje ona jako górne zwiężczenie płytę przejściową służącą dalszej rozbudowie albo płytę pokrywową z otworem włazowym.

6.3. Etapy osadzania obudowy żelbetowej

Technikę zapuszczania konstrukcji żelbetowych stosuje się w przypadku ciężkich warunków wodno-gruntowych. W tej metodzie nie wypompowuje się wody z komory na etapie zapuszczania (pozwalając ustabilizować się jej na rzędnej zwierciadła wody gruntowej) a wręcz jeszcze się uzupełnia aby poziom cieczy był wyrównany i utrzymywał zawieszoną bentonitową wprowadzoną między grunt i pobocznicę obudowy.

Wykonanie komory rozpoczyna się od wykonania wykopu szerokoprzestrzennego głębokości ok. 1m lub wykonania wykopu w środku płaszcza zabezpieczającego (blachy stalowej). Następnie żelbetowy element dolny studni osadza się wewnątrz wykonanego wykopu. Osadzanie następuje poprzez wybierania gruntu ze środka elementu dolnego. Najczęściej ciężar własny elementu studni żelbetowej jest niewystarczający do pokonania sił tarcia gruntu. Należy wówczas użyć dodatkowych sił wciskających, najczęściej poprzez ułożenie dodatkowych elementów żelbetowych lub zastosować wtłoczenie między ścianę elementu a grunt lubrykatu (zawiesiny ilowej). Orientacyjnie można przyjąć 100 g bentonitu na 1 litr wody. Zawiesina zmniejsza siłę tarcia studni o grunt o około 50÷80 %. Zawieszoną ilową tłoczy się rurkami od wnętrza studni poprzez rurki zabetonowane w płaszczu studni z wyjściem na zewnątrz lub przez otwory w ścianach (powinny być uszczelnione). Przed nałożeniem kolejnego osadzanego żelbetowego elementu komory należy umieścić taśmy dylatacyjne (uszczelniające). W czasie osadzania należy zwrócić szczególną uwagę na równomierne osiadanie studni. Jeżeli projekt przewiduje odwodnienie wewnątrz studni w czasie osadzania, należy w czasie pompowania systematycznie kontrolować czy wraz z wypompowywaną wodą nie zostaje wybierany drobny grunt co może skutkować niebezpiecznym zjawiskiem kurzawkowym. Po całkowitym zagłębieniu studni należy wylać w dnie studni korek betonowy a następnie wykonać zbrojoną płytę denną z izolacjami papy termozgrzewalnej. Tak osadzona studnia gotowa jest do dalszej realizacji projektu.



7. Literatura

1. ATV A127 Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und Leitungen.
2. ATV A161 Statische Berechnung von Vortriebsrohren, January 1990.
3. PN-EN 1916 Rury i kształtki z betonu niezbrojonego, betonu zbrojonego włóknom stalowym i żelbetowe.
4. Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych Madryas C., Kolonko A., Wysocki L., Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002

5. PN-B-03264:1999 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie