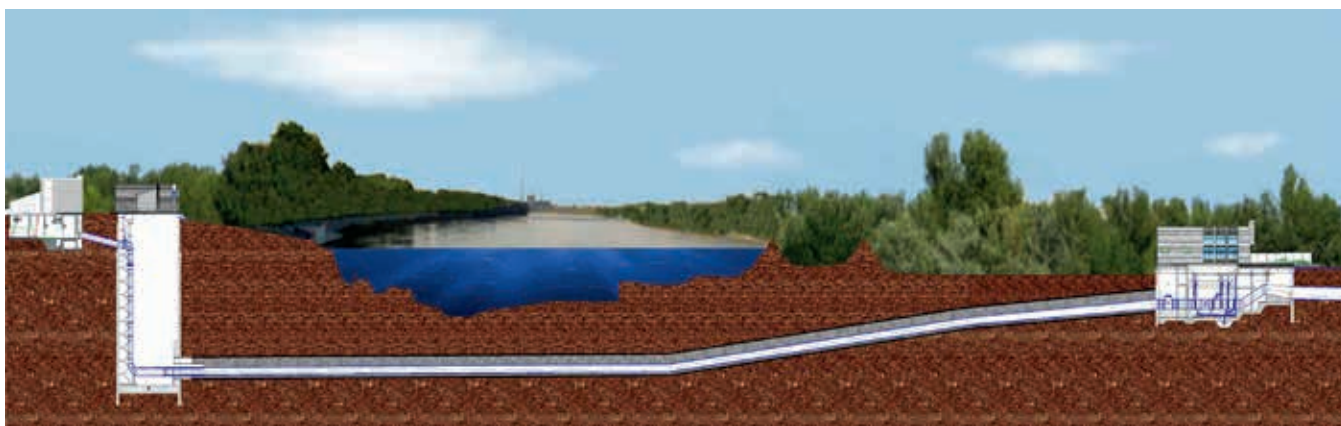


# Wykorzystanie technologii ścian szczelinowych przy obudowie komór cylindrycznych

tekst: **IWONA OLSZEWSKA, ROBERT ROMANKIEWICZ**, Bilfinger Infrastructure SA

Największa oczyszczalnia ścieków w Polsce, warszawska „Czajka”, w latach 2008–2012 przeszła gruntowną przebudowę. Ostatnim, a zarazem jednym z kluczowych elementów jej modernizacji była budowa przejścia kanalizacji pod Wisłą. Podwykonawcą w tym projekcie – realizującym obudowę części podziemnych obu komór układu przesyłowego w technologii ścian szczelinowych – był Bilfinger Infrastructure SA, funkcjonujący wówczas pod nazwą Bilfinger Berger Budownictwo SA.



Ryc. 1. Syfon przesyłowy z lewobrzeżnej Warszawy do oczyszczalni ścieków „Czajka” na prawą stronę Wisły

Na układ przesyłowy ścieków z lewobrzeżnej Warszawy do oczyszczalni znajdującej się na prawym brzegu rzeki składają się trzy główne elementy budowlane. Są nimi: komora wyjściowa syfonu na terenie Warszawy prawobrzeżnej przy ul. Świderskiej, komora wejściowa syfonu na terenie Warszawy lewobrzeżnej przy ul. Farysa w dzielnicy Bielany oraz tunel pod Wisłą wykonany metodą TBM, o długości 1350 m i średnicy wewnętrznej 4,4 m.

Prace związane z obudową komór rozpoczęto od opracowania projektu technologicznego, który uwzględniał wykorzystanie posiadanego zaplecza sprzętowego. Projekt został opracowany przez pracownię projektową pod kierownictwem mgr. inż. Jana Domurada na zlecenie Bilfinger Berger Budownictwo SA.

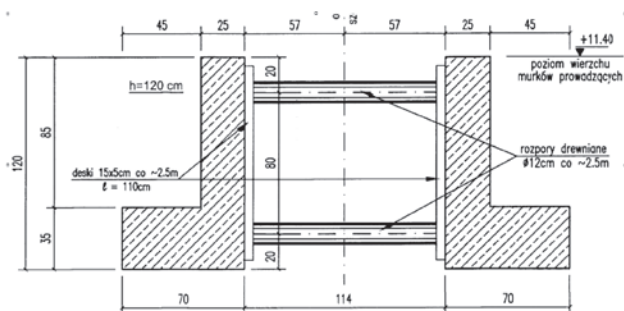
Prostokąt o wymiarach ok. 10 x 38 m, w obudowie ze ścian szczelinowych o grubości 80 cm i wysokości 13,5 m, rozpiętych tymczasowymi stalowymi rozporami – to założenia projektowe komory wyjściowej przy ul. Świderskiej na prawym brzegu Wisły. Było to dość typowe zadanie w porównaniu do komory zlokalizowanej przy ul. Farysa na lewym brzegu, będącej skomplikowanym przedsięwzięciem inżynierskim zarówno pod względem projektowym, jak i wykonawczym. Podczas budowy komora przy ul. Farysa pełniła rolę szybu odbiorczego dla tarczy drążącej tunel pod Wisłą od jej prawego brzegu (ryc. 1). Po zakończeniu robót, zgodnie z jej docelowym

przeznaczeniem, komora stanowi wejście do tunelu (syfonu) Wisły, którym transportowane są ścieki.

## Szczegóły techniczne

Z racji pełnionej przez komorę funkcji nie można było w niej zastosować żadnych przegród poziomych ani na etapie budowy, ani podczas eksploatacji. W związku z tym ściany szczelinowe o grubości 100 cm i głębokości 40 m, stanowiące obudowę komory, zostały zaprojektowane na planie okręgu o średnicy wewnętrznej 20 m. Okrąg jest konstrukcją samonośną, w której panuje stan naprężeń ściskających – konstrukcja pracuje na zasadzie ściskanego pierścienia i nie wymaga rozpięcia.

Zwieńczeniem ścian i jednocześnie elementem spinającym poszczególne sekcje był obwodowy, ciągły wieniec żelbetowy, o wymiarach 120 x 100 cm. Dla konstrukcyjnego zespolenia poszczególnych sekcji oraz przejścia w czasie budowy ewentualnych niesymetrycznych obciążeń poziomych wewnątrz komory zaprojektowano, w rozstawie co ok. 8,5 m, trzy obwodowe, ciągłe wzmocnienia w formie pierścieni o grubości 30 cm i wysokości 200 cm, monolitycznie połączonych ze ścianami szczelinowymi. Pełnoprzekrojowe rozparcie ścian szczelinowych stanowi jedynie płyta denna o grubości 1,8 m. Ponieważ niezbędne było przejście przez ściany szczelinowe tarczą TBM, w miejscach przejść zastosowano zbrojenie z włókna szklanego.



Ryc. 2. Murki prowadzące komory cylindrycznej

Na terenie budowy istniało wcześniej dzięki wysypisko śmieci, gruzu i gruntu wywożonych z warszawskich budów. Pierwszą warstwę tworzyły więc nasypy o miąższości do 15 m, niejednorodne pod względem stanu i składu. Wśród nich występowały przewarstwienia wielkogabarytowego gruzu betonowego i ceglanego (które łącznie stanowiły ok. 10–50% ogólnej masy nasypów) oraz odpady drewniane, metalowe i szkło. Niżej zalegały piaski o różnej granulacji w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym, a pod nimi iły pylaste lub gliny pylaste zwięzłe, w stanie od twaroplastycznego do zwartego. Ze względu na to, że spąg warstwy iłów zalegał znacznie poniżej dna komory, nie został przewiercony.

Na terenie prac występował jeden poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym na rzędnej ok. 0 m n.p. 0 W (tj. 15 m p.p.t.).

### Etapy prac

Ze względu na panujące warunki terenowe i gruntowe konieczne było wykonanie wykopu wstępnego oraz przygotowanie w nim utwardzonej platformy roboczej. Poziom platformy roboczej został zaprojektowany na rzędnej = 14,5 m n.p. 0 W (3,5 m p.p.t.) i był równy poziomowi murków prowadzących oraz wierzchowi ścian szczelinowych.

W pierwszym etapie prac wykonano w szalunkach systemowych monolityczne murki prowadzące. Duża głębokość ścian szczelinowych i znaczny ciężar szkieletów zbrojonych uzasadniały przyjęcie znacznych wymiarów murków: 120 x 70 x 25 cm (w kształcie litery L). Roboty zasadnicze, tj. głębienie ścian szczelinowych, zaczęto po uprzednim wykonaniu wszystkich murków i osiągnięciu przez beton odpowiedniej wytrzymałości. Drażnienie sekcji odbywało się odcinkami prostymi, dlatego też sekcje zostały rozplanowane w postaci wieloboku (22 boki),



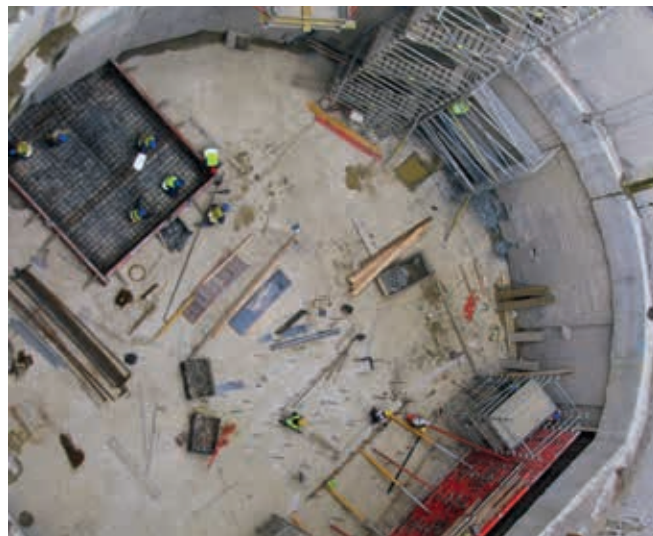
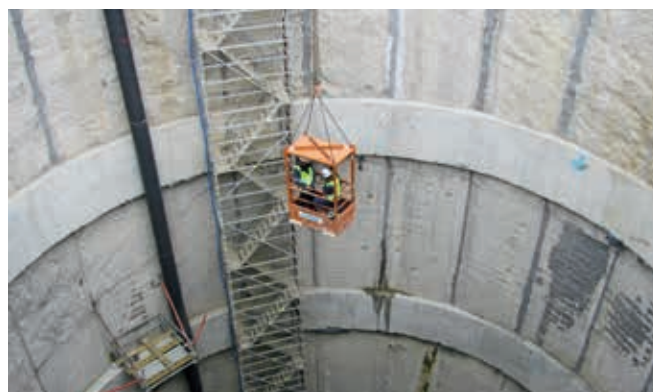
opisanego na wewnętrznym obwodzie komory. Każda sekcja miała długość 3,2 m. Szczęki chwytaka głębiącego rozwierzały się na 2,8 m. Podczas realizacji jako elementy rozdzielcze na stykach sekcji zastosowano płaskie stopendy typu FFE firmy Leffer. Uszczelnienie styków pomiędzy sekcjami stanowiła uszczelka PCV o szerokości 16 cm. Każdy stopend składał się z trzech odcinków. Do pierwszego, dolnego elementu montowano uszczelkę na placu budowy, w pozycji poziomej. Uszczelki do kolejnych elementów montowane były w czasie opuszczania ich do szczeliny. Łączenie poszczególnych części szkieletów zbrojonych, które również składały się z trzech odcinków, odbywało się w trakcie wkładania zbrojenia w szczelinę (na zakład za pomocą zacisków).

Powyższe czynności, a także znaczna głębokość kopanej szczeliny i długi czas betonowania oraz problemy z odspajaniem stopendów znacznie wydłużyły czas realizacji zadania. Dodatkowym utrudnieniem były niekorzystne warunki gruntowe. W 25% sekcji podczas głębienia szczelin natrafiano na przeszkody konieczne do rozkruszenia przez dłutowanie, które nierzadko jednorazowo zajmowało do 7 godzin. Biorąc pod uwagę wszystkie te czynniki, wykonanie pojedynczej sekcji zajmowało blisko dobę.

Wskutek znacznej grubości warstw antropogenicznych powstał duży ubytek zawiesiny bentonitowej oraz zużycie betonu przekraczające o niemal 20% ilość teoretyczną. Ze względu na stan i rodzaj gruntów, szczególnie na pierwszych 15 m, dużego nakładu pracy wymagało wyrównanie powierzchni odkrytej.

Powstałe w czasie głębienia odchylenia ścian dla poszczególnych sekcji zmieściły się w granicach normowych. Największe odchylenia, w granicach 5–13 cm, odnotowano w poziomie płyty fundamentowej. Według założeń projektu, dopuszczalna wartość na tym poziomie wynosiła 52 cm, a według normy 38 cm.





Ryc. 3. Budowa komory cylindrycznej prawie ukończona; kontrola jakości i odbiór wymagały użycia kabiny opuszczanej żurawiem

Projekt wykonawczy narzucał monitorowanie przemieszczeń. Częstotliwość pomiarów i zakres, określone przez projektanta, dostosowane były do faz budowy obiektu i realizowane przez trzy pionowe inklinometryczne z punktami pomiarowymi co 1 m, trzy punkty pomiarów naprężeń ściskających oraz trzy punkty pomiarów geodezyjnych w płaszczyznach x, y, z w poziomie oczepu.

### Podsumowanie

Realizacja zadania przebiegła sprawnie. Dzięki utrzymaniu całodobowego systemu pracy możliwe było wykonanie prac w wyznaczonym terminie i w założonych kosztach, z zachowaniem reżimów technologicznych. Roboty prowadzono przy użyciu jednego zestawu roboczego, na który składały się gębiarka, dźwig i koparka.

Wydłużone głębienie, konieczność spajania stopendów, a później ich rozłączania, trudności z odpajaniem tak długich stopendów, łączenie szkieletów, trzy zmiany robocze, murki wylwane na betonie podkładowym, duże ubytki zawiesiny i znacznie przekroczone zużycie betonu – wszystko to sprawiało, że rozwiązania tego typu należy zaliczyć do kosztownych i czasochłonnych, jednak w niektórych przypadkach jedynie możliwych do zastosowania.

Pomimo że czas wykonania, jak i koszty takich inwestycji są nieporównywalne z innymi typowymi realizacjami, nie oznacza to, że są nieopłacalne. Istotna jest świadomość ewentualnych problemów, które mogą pojawić się w czasie budowy oraz właściwe przygotowanie się do takiej pracy.

Bilfinger Infrastructure SA, podwykonawca opisywanego projektu, dzięki długoletniemu doświadczeniu na rynku budowlanym, profesjonalizmowi i zaangażowaniu kadry doświadczonych inżynierów z powodzeniem realizuje powierzone mu przedsięwzięcia. Obecnie spółka wykonuje projekty w sektorze infrastrukturalnym, energetycznym oraz hydrotechnicznym zarówno na rynku krajowym, jak i za granicą. W ostatnim czasie podpisała trzy kontrakty w Norwegii na łączną kwotę 750 mln zł. Wartość portfela zleceń spółki na rok 2014 to ok. 850 mln zł.

Komora w liczbach	
średnica wewnętrzna	20 m
średnica zewnętrzna	22,20 m
głębokość wykopu	40,10 m p.p.t.
grubość ścian szczelinowych	100 cm
głębokość ścian szczelinowych	40 m
wysokość części odkrytej (do górnej rzędnej płyty dennej)	34,60 m
długość murków prowadzących (w osi ścian)	70 m
objętość teoretyczna betonu	2800 m <sup>3</sup>
objętość rzeczywiście wbudowanego betonu	3260 m <sup>3</sup>
czas realizacji	2 miesiące (listopad – grudzień 2010 r.)