

Magistrala wodociągowa DN 800 pod dnem Wisły w Krakowie

tekst: **ANNA BIEDRZYCKA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

zdjęcia: **E&C Sp. z o.o.**, **STRABAG Sp. z o.o.**, rysunki: **STRAGAB Sp. z o.o.**

Przebudowa magistralnej linii kolejowej E30 na odcinku Kraków – Rudzice przyczynia się do poprawy stanu infrastruktury miejskiej. Magistrala wodociągowa DN 800, zasilająca lewobrzeżną część Krakowa, do czasu przebudowy umieszczona była na podporach mostu kolejowego łączącego ul. Zabłocie z ul. Podgóorską. W związku z likwidacją tego mostu została przeniesiona pod dno Wisły. Do przebudowy rurociągu wykorzystano metodę mikrotunelingu.



Nowo zbudowany most kolejowy przez Wisłę na linii kolejowej E30 na odcinku Kraków Główny Towarowy – Rudzice, łączący lewobrzeżne Grzegórzki z Podgórzem na prawym brzegu Wisły, fot. Ł. Iwanowicz, Strabag Sp. z o.o.

Prace skoncentrowane nad Wisłą w Krakowie obejmują budowę trzech nowych mostów: dwóch jednotorowych w ciągu linii aglomeracyjnej i jednego dwutorowego w km 750–2010 magistralnej linii kolejowej nr 91 Kraków Główny – Medyka. To duże, nowoczesne obiekty o unikatowej w mostach kolejowych konstrukcji stalowej łuków siatkowych (network arch) z pomostem betonowym sprężonym i przęsłami o rozpiętości 49,5 m + 116 m + 63,5 m. Mosty te poszerzają przepustowość przeprawy o tory kolei aglomeracyjnej i zastąpią dotychczasową wysłużoną przeprawę na linii średnicowej, nienadającą się z powodu obniżenia wytrzymałości materiałów (zmęczenie materiału) do prowadzenia ruchu pociągów z prędkością do 100 km/h.

Pierwszy nowy most prowadzący jeden tor krakowskiej linii średnicowej został oddany do użytku w maju 2020 r. Przekazanie toru do eksploatacji umożliwiło przeniesienie ruchu pociągów ze starej przeprawy na nową i rozpoczęcie kolejnego etapu inwestycji, polegającego na rozbiórce dotychczasowego mostu średnicowego i budowie dwóch kolejnych obiektów. W październiku 2020 r. zakończono rozbiórkę starego mostu. Był to obiekt dwutorowy o długości 212,4 m, stalowy, blachownicowy,

z sześcioma przęsłami, każde o długości 35,4 m. Rozebrane elementy zostaną ponownie wykorzystane na innych liniach kolejowych. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w jego miejscu zaplanowały nowy most o lepszych parametrach technicznych. Przeprawa ma być gotowa w 2021 r. Zmieszczą się na niej dwa tory kolejowe, przeznaczone przede wszystkim dla pociągów dalekobieżnych. Obok, po zachodniej stronie, powstanie jeszcze jeden most, który oprócz toru pomieści dodatkowo kładkę pieszo-rowerową. Ułatwi ona dostęp do przystanku Kraków Zabłocie, a w przyszłości będzie elementem planowanej autostrady rowerowej. Kładka powstaje na życzenie władz miasta i jest dodatkowym elementem umowy z inwestorem.

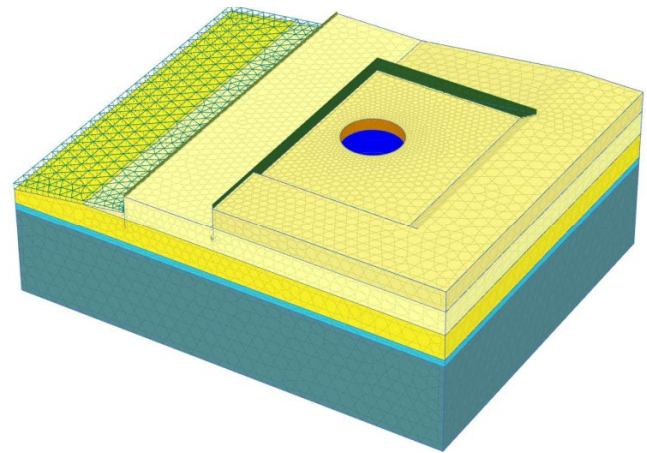
„Pierwotnie PKP PLK zakładało dobudowanie dwóch nowych mostów do istniejącego, lecz po wejściu na teren budowy i zbadaniu stanu technicznego mostu okazało się, że jest on zły. Podjęta została decyzja o wyburzeniu mostu i zbudowaniu nowego” – mówi Michał Skowron, kierownik robót z Oddziału Mostowego Południowo-Wschodniego Strabag Sp. z o.o. Firma Strabag jest liderem konsorcjum wybranego do modernizacji linii kolejowej E30 w Krakowie w formule zaprojektuj i zbuduj.

Wyobrażenie o skali i zakresie robót dają już tylko dwie dane: wartość kontraktu 1,2 mld zł brutto i liczba 52 obiektów inżynierskich do zbudowania lub przebudowy, co w praktyce oznacza ok. 90 niezależnych konstrukcji do zbudowania od podstaw lub modernizacji na różnych etapach realizacji kontraktu. Wśród tych obiektów jest opisywana w tym artykule przebudowa wodociągu \varnothing 800 mm.

„Z inicjatywy dyrektora Bogusława Piłujskiego, kierującego Oddziałem Mostowym i jednocześnie kontraktem z firmy Strabag Sp. z o.o., lidera kontraktu, na podstawie porozumienia zawartego pomiędzy PKP PLK SA i MPWiK SA w Krakowie, w ramach kontraktu zaplanowano przebudowę magistrali wodociągowej polegającą na jej zdemontowaniu z konstrukcji istniejącego mostu kolejowego i przeniesieniu pod dno Wisły z wykorzystaniem metody mikrotunelingu – wyjaśnia Magdalena Biegańska, zastępca dyrektora kontraktu z firmy Strabag Sp. z o.o. – Głównym powodem były względy estetyczne, ale także techniczne i technologiczne. Rurociąg na moście jest narażony na wstrząsy wywołane przez przejeżdżające pociągi, a dostęp do niego jest mocno utrudniony. Natomiast pod dnem Wisły rurociąg stanowi nienależny element infrastruktury, znajduje się w rurze ochronnej i nie jest narażony na niekorzystne oddziaływania związane z eksploatacją obiektu mostowego, tj. drgania, przemieszczenia termiczne i ograniczenia utrzymaniowe i technologiczne wynikające ze współużytkowania obiektu mostowego”.

Projekt

Autorami koncepcji poprowadzenia magistrali wodociągowej pod korytem Wisły na odcinku między bulwarem Kurlandzkim a ul. Zabłocie, o długości ok. 140 m.b., wraz z obiektami towarzyszącymi i ich wyposażeniem, są dyrektor Bogusław Piłujski oraz dr inż. Dariusz Sobala, kierownik Działu Projektowania z firmy Strabag Sp. z o.o. Projekt wykonała firma E&C Sp. z o.o. jako podwykonawca firmy BBF Sp. z o.o., odpowiedzialnej za całość projektów wzdłuż linii kolejowej

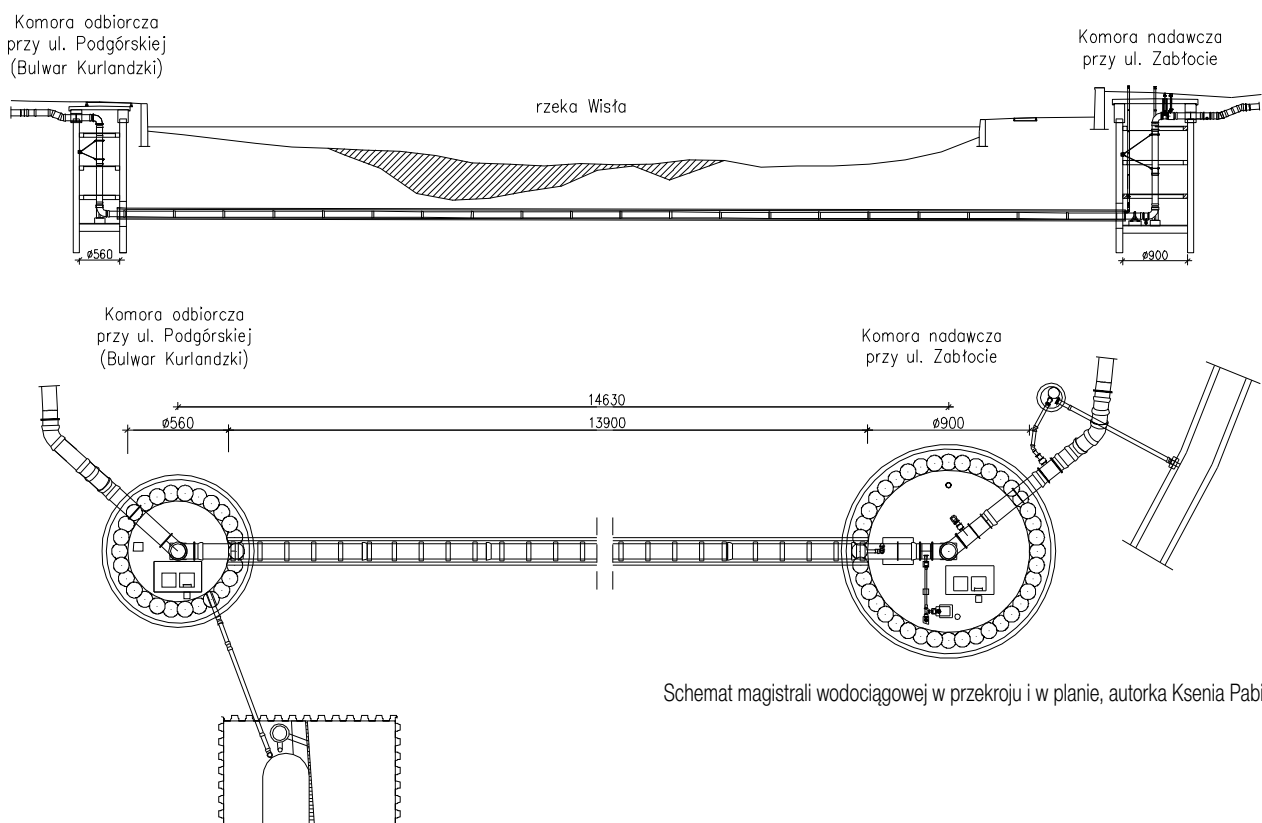


Model komory z wykorzystaniem MES 3D opracowany w środowisku Plaxis, autor Keller Polska Sp. z o.o.

E30 Kraków – Rudzice. Ze strony Strabag prace koordynował dr inż. Dariusz Sobala.

Nad całością dokumentacji projektowej w zakresie przebudowy magistrali wodociągowej DN 800 pracowały trzy osoby z firmy E&C – dwóch konstruktorów i branżowca sieci wodociągowej. Projektowanie wraz z formalnym procedowaniem w urzędach zajęło prawie rok. Prace projektowe trwały dość długo ze względu na wiele szczególnych wymagań, które zgłaszały Wodociągi Miasta Krakowa. Po awarii układu przesyłowego do warszawskiej oczyszczalni ścieków „Czajka” pracownicy MPWiK bardzo pieczołowicie czuwali nad ostateczną formą projektu i późniejszą jego realizacją.

Podstawowe założenia projektowe, jakie przyjęto, to ciągłość działania istniejącego wodociągu, lokalizacja komór nadawczej za wysokim murem przeciwpowodziowym i odbiorczej na bulwarze Kurlandzkim oraz odpowiednia głębokość przewiertu w relacji do poziomu dna Wisły, tj. ok. 5,8 m pod dnem rzeki. Jak w każdym projekcie przejścia pod dnem rzeki, szczególne



Schemat magistrali wodociągowej w przekroju i w planie, autorka Ksenia Pabian

wymagania dotyczyły zachowania warunków szczelności oraz minimalnej grubości przykrycia gruntem rurociągu.

W ramach projektu technologicznego komór, ze względu na ich nietypową konstrukcję, lokalizację i funkcję, przeprowadzono m.in. zaawansowaną analizę geotechniczną i konstrukcyjną komór z wykorzystaniem MES 3D w środowisku Plaxis.

Przekładając magistralę, najpierw wybrano technologię jej wykonania i to do niej dostosowywano projekt. Z uwagi na konieczność zapewnienia minimalnej bezpiecznej głębokości technologicznej i eksploatacyjnej względem dna rzeki przewiert wykonano metodą mikrotunelingu z poziomu dna komory nadawczej K-1, zlokalizowanego na głębokości ok. 5,8 m pod dnem Wisły i jednocześnie pod poziomem fundamentów istniejących zabytkowych murów kamiennych, stanowiących obudowę koryta i wał przeciwpowodziowy Wisły, bez ingerencji w ich konstrukcję.

Komory technologiczne

W pierwszej kolejności wykonano komory technologiczne:

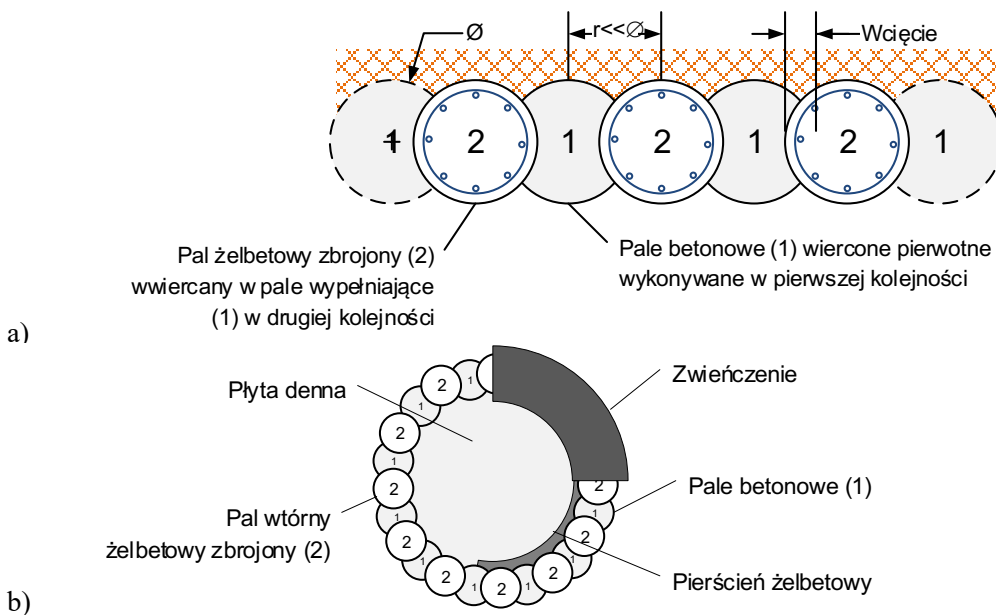
- K-1, tj. komorę nadawczą mikrotunelingu o średnicy 9 m, zlokalizowaną w rejonie ul. Zabłocie, wykonaną z pali wierconych o średnicy 0,88 m i długości 18,5 m (zbrojonych) i 17 m (niezbrojonych);
- K-2, tj. komorę odbiorczą mikrotunelingu o średnicy 5,6 m, zlokalizowaną na bulwarze Kurlandzkim, wykonaną z pali wierconych o średnicy 0,88 m i długości 18,5 m (zbrojonych) i 16,5 m (niezbrojonych).

Obydwie komory wykonano jako okrągłe w postaci palisady z pali siecznych CCFA (*cased continuous flight auger*).

Palisada w obu komorach została zwieńczona odczem żelbetowym i rozparta płytą denną o grubości 1 m oraz żelbetowymi pierścieniami pośrednimi, wykorzystywanymi na etapie głębienia wykopu, a później również jako podparcie docelowych podestów rewizyjnych, stanowiących wyposażenie komór. Kształt komory i pierścieni zapewnił trwałe zabezpieczenie wykopu, wymaganą szczelność i przestrzeń technologiczną dla



Magistrala wodociągowa DN 800 na wejściu do komory nadawczej, fot. P. Szumowicz, E&C Sp. z o.o.



Schematy ideowe wykonania (a) palisady siecznej i (b) komory, autor Dariusz Sobala

wykonania mikrotunelingu i późniejszej rewizji oraz eksploatacji magistrali wodociągowej. W płycie dennej komór wykonano tzw. bagienka o głębokości 0,35 m, które umożliwiają ewentualne odpompowanie wody reszkowej wykraplającej się lub przenikającej przez ściany komór lub (i) rurociągu.

Przewiert

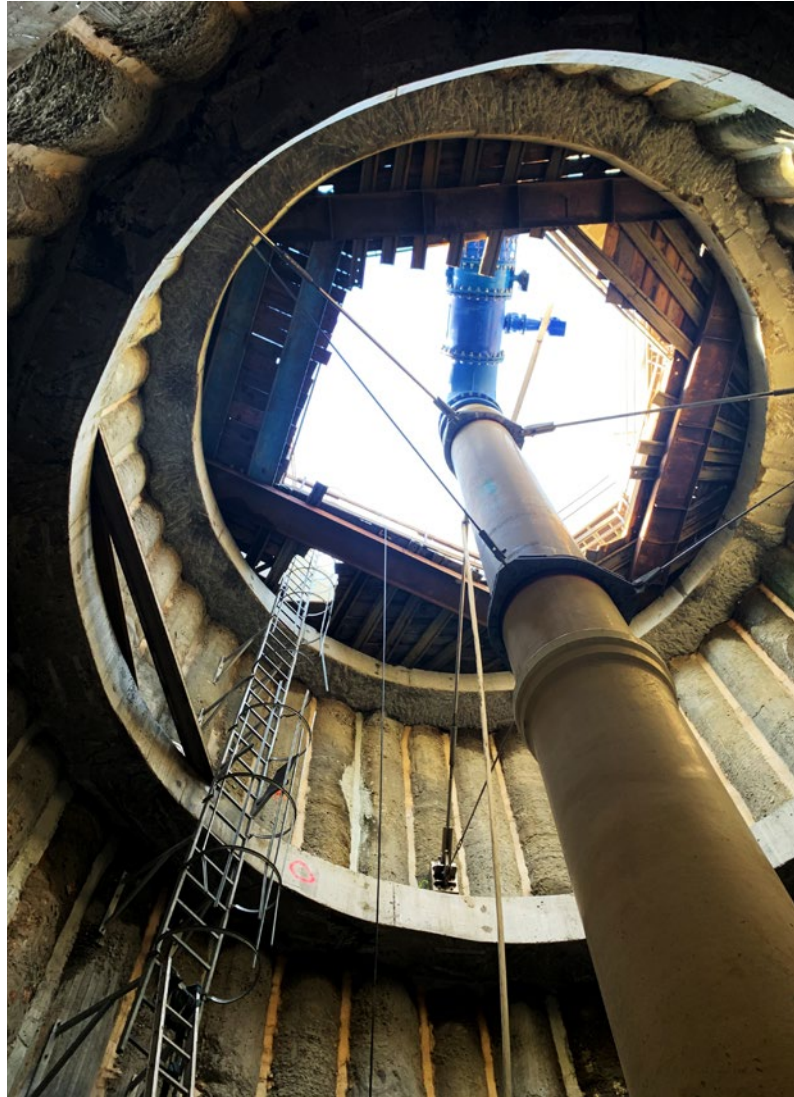
Najtrudniejszym elementem inwestycji był przewiert pod dnem Wisły. Wykonało go Przedsiębiorstwo Robót Inżynierskich Inkop z Krakowa. „Przedsięwzięcie, jakie powierzyła nam firma Strabag, było dużym wyzwaniem inżynierskim. Trudność realizacji tego projektu polegała na bardzo dużej głębokości posadowienia kolektora, trudnych warunkach gruntowo-wodnych oraz lokalizacji dla prowadzenia takich prac – centrum miasta. Dzięki wyspecjalizowanej kadrze oraz specjalistycznym urządzeniom z sukcesem udało się zakończyć prace” – stwierdza Bartosz Kobylec, kierownik robót mikrotunelowych w firmie Inkop.

„Technologia mikrotunelingu i doświadczenie firmy Inkop, z którą współpracowałem już wcześniej, zakłada 24-godzinny tryb pracy bez żadnych postojów. Nie jest łatwo sterować ramieniem rurociągu wysuniętym z komory nadawczej na odległość 140 m. Milimetrowe odchyłki w komorze nadawczej mogły spowodować, że rurociąg nie trafiłby do komory odbiorczej, stąd cały proces mikrotunelingu był bardzo uważnie monitorowany. Udało się to zrobić bardzo dokładnie” – podkreśla Michał Skowron.

Prace poprzedziło wykonanie odwiertów i badań podłoża gruntowego. Okazało się, że dno Wisły jest zbudowane z iłów, co było dobrą wiadomością i było kluczowe dla podjęcia decyzji przez Strabag o wykorzystaniu technologii mikrotunelingu.

Realizacja robót polegała na drążeniu tunelu przy użyciu głowicy mikrotunelingu AVN 1200 z tarczą mixshield firmy Herrenknecht, za którą w miarę postępu wiercenia sukcesywnie były umieszczane kolejne elementy rurociągu. Postęp wiercenia był efektem rozspajania mechanicznego gruntu (wspomagane wodą pod wysokim ciśnieniem) i wciśnięcia kolejnych odcinków rur osłonowych za pomocą siłowników hydraulicznych w przestrzeń uwolnioną na przodku. Kolejne rury, wpychane z komory startowej, przenosiły siły potrzebne do przemieszczania całego wprowadzonego pod ziemię rurociągu, łącznie z głowicą wierzącą. Wewnątrz rurociągu zainstalowany został system płuczki, przez który transportowany był urobek. Pompy płuczki tłoczyły go w postaci mieszaniny wodnej na powierzchnię terenu, gdzie zachodził proces oddzielenia cząstek gruntu od wody za pomocą separatora. Sterowanie głowicą wierzącą odbywało się w systemie optycznym przy użyciu wiązki laserowej. Podczas wpychania rurociągu zastosowany został również system smarowania powierzchni bocznych rur. Przez specjalne dysze iniekcyjne zainstalowane w rurach osłonowych wtryskiwana była mieszanina bentonitu, dzięki czemu zminimalizowane zostały siły tarcia.

Obudowę magistrali wodociągowej DN 800 stanowią rury przewiertowe żelbetowe o średnicy DN 1200/1490 mm (Haba-Beton SB-VT-VM) o długości odcinka 3,0 m i łącznej długości $L = 139,8$ m. Są to rury z uszczelką klinową na bosym końcu. Połączenie dwóch rur wykonano przez manszetę stalową St 37.2 oraz uszczelkę klinową.



Wnętrze komory nadawczej, fot. P. Szumowicz, E&C Sp. z o.o.



Wiertnica podczas prac przy palisadzie komory nadawczej, fot. P. Szumowicz, E&C Sp. z o.o.

Następnie przystąpiono do wciągania rur przewodowych – żeliwnych kielichowych – magistrali wodociągowej pod dnem Wisły. Są to rury o średnicy nominalnej DN 800 mm Saint-Gobain TT PUX z żeliwa sferoidalnego, przeznaczone do transportu wody do spożycia, wbudowywane w całości w systemie blokowanym Universal Standard Ve (UNI STD Ve) o dopuszczalnym odchyleniu kątowym 2°. Rury te wciągano w rurociąg żelbetowy na 80 płozach dystansowych f. Integra typ SM DUO I h = 100 mm i 16 płozach prowadzących ze stalową rolką f. Integra h = 100 mm. Rozstaw płóz wynosił 1,5 m.

„Zdawaliśmy sobie sprawę, jak ważny jest dobór odpowiednich rur, dlatego zostały zastosowane materiały najwyższej jakości – rury Haba-Beton i Saint-Gobain PAM. Wszystko po to, aby rurociąg działał bezawaryjnie. Decyzja o wyborze zapadła w porozumieniu z Wodociągami Miasta Krakowa, które eksploatują rury wielu producentów i mają doświadczenie w tym względzie – mówi Michał Skowron. – Rury Haba-Beton mają wyrobioną markę w branży, a rury z Saint-Gobain PAM są podwójnie kotwione, z zewnątrz mają potrójną izolację, od wewnątrz są betonowane, wyposażone w powłokę zmniejszającą ścieralność, tak aby służyły przez lata”.

Wciągnięcie rur przewodowych oraz przepięcie rurociągu również wykonała firma Inkop.

Przepięcie

27 kwietnia 2020 r. nastąpiło połączenie nowego odcinka z istniejącą siecią wodociągową. Prace te nie mogły zakłócić ciągłości dostaw wody dla mieszkańców. Wcześniej przeprowadzono próby szczelności rurociągu (ciśnienie robocze x 1,5) oraz badania fizykochemiczne wody, równocześnie i niezależnie wykonywane przez Strabag i przez Wodociągi Miasta Krakowa. „Wykonanie przełączenia wodociągu o tej średnicy to skomplikowana procedura z uwagi jego oddziaływanie na duży obszar miasta. Wszelkie nieprzemysłane decyzje mogą skutkować powstaniem awarii” – relacjonuje dalej kierownik robót Michał Skowron.

Zamontowano armaturę odcinającą i odwadniającą magistralę – to wymagania techniczne narzucone przez Wodociągi Miasta Krakowa. W komorze nadawczej została zabudowana armatura

wraz z oprzyrządowaniem. Z drugiej strony Wisły przy komorze odbiorczej na terenie bulwaru Kurlandzkiego, ze względu na fakt, że jest to obszar zalewowy, zamontowano właz, który ma pozostać szczelny na wypadek powodzi. Armatura odcinająca została wyprowadzona poza obszar zalewowy na odległość 200 m od komory odbiorczej i znajduje się na wyniesieniu terenu bulwaru.

Komory technologiczne są wyposażone w elementy z materiałów odpornych na korozję (pomosty robocze, drabiny, odciążki), system wentylacji, elementy systemu asekuracji i ewakuacji oraz szczelne pokrywy z włazami. Cała konstrukcja (poza pokrywami włazów, które zapewnią dostęp do komór służbom utrzymaniowym) znajduje się pod powierzchnią terenu. Na życzenie Wodociągów Miasta Krakowa ściany komór wykończono tynkiem natryskowym.

Podsumowanie

Warto podkreślić, że budowanie – dotąd naziemnych – rurociągów pod przeszkodami naturalnymi jest trwałym trendem w całym kraju. Tak dzieje się np. we Wrocławiu, gdzie odchodzi się od rozwiązań na obiektach mostowych i buduje pod rzekami. W Warszawie firma Inkop w maju 2019 r. wykonała 350-metrowy przewiert pod Wisłą dla sieci gazowej. Krakowski MPEC planuje dwie inwestycje metodą przejścia pod Wisłą w celu przełożenia rurociągów ciepłowniczych.

Zastosowane przy przebudowie odcinka magistrali nowe technologie i nowoczesne materiały dają gwarancję jego bezawaryjnej pracy przez kilkadziesiąt lat. „Użyta technologia pokazuje możliwości realizacji uzbrojenia pod ciekami wodnymi czy innymi przeszkodami terenowymi i wpisuje się w historię wodociągu miasta Krakowa. Pierwsze przejście przez Wisłę zostało zrealizowane w 1912 r. metodą górniczą. Dno tunelu usytuowano na rzędnej 186,15 m n.p.m. Długość tunelu wynosi 166 m. A więc historia kołem się toczy. Kolejne przekroczenia siecią wodociągową przez Wisłę zostały wykonane jako konstrukcje podwieszane pod mostami lub jako niezależne kładki technologiczne” – przypomina dr inż. Tadeusz Żaba, dyrektor produkcji w MPWiK SA w Krakowie.



Wlot magistrali wodociągowej DN 800 do przecisku pod Wisłą, fot. R. Potępa, E&C Sp. z o.o.

Firma E&C Sp. z o.o. oferuje m.in.:

- wykonanie kompleksowej dokumentacji projektów infrastruktury drogowej i kolejowej,
- obsługę inwestycji w formule projektuj i buduj,
- koordynację projektów wielobranżowych.



E&C Sp. z o.o.
ul. Ks. G. Augustynika 1A/32
41-300 Dąbrowa Górnicza



32 260 10 03



biuro@ec.biz.pl

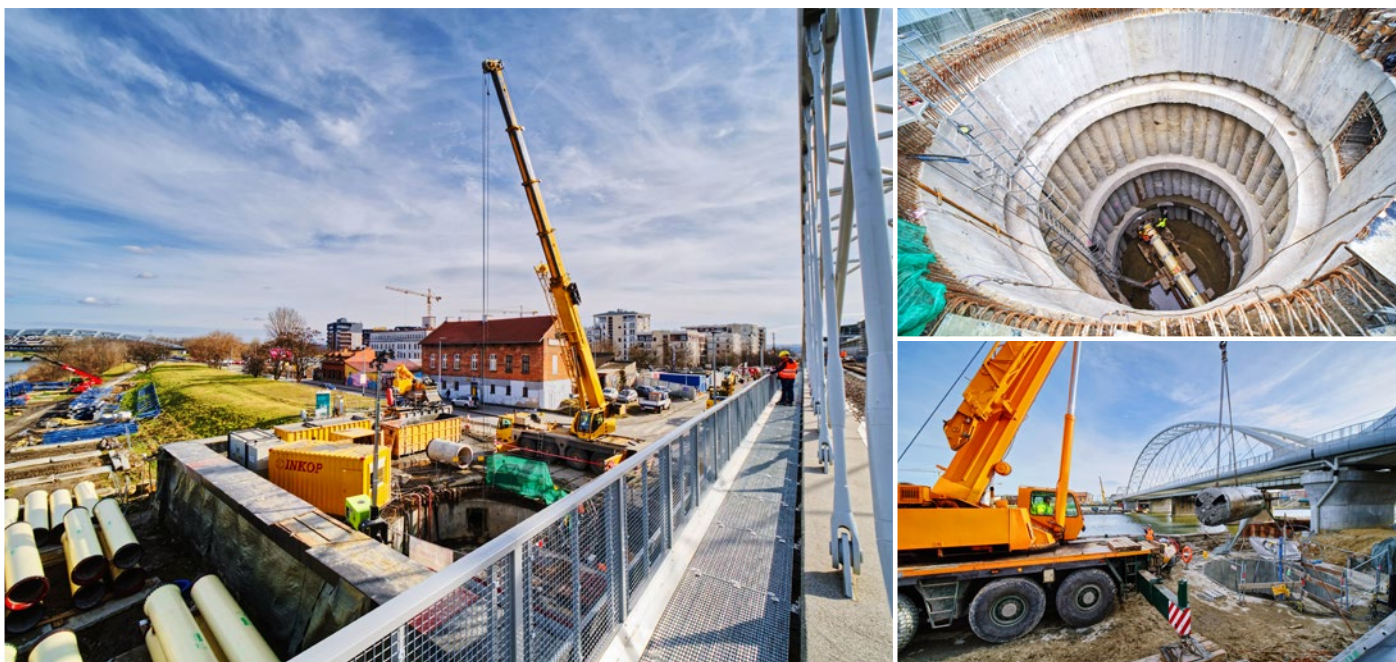


www.ec.biz.pl

TIME • QUALITY • RELIABILITY



PROFESJONALNY WYKONAWCA
MIKROTUNELINGU I PRECYZYJNYCH PRZEWIERTÓW
W EKSTREMALNYCH WARUNKACH GRUNTOWO-WODNYCH



- mikrotuneling o średnicy do 3500 mm
- przewiert sterowany teleoptycznie o średnicy do 1300 mm
- przecisk pneumatyczny o średnicy do 2100 mm
- zabezpieczenia wykopów ścianką szczelną – system płytowy, grodzice stalowe
- kompleksowe budownictwo inżynieryjne – sieci wodociągowe i kanalizacyjne
- obniżanie poziomu wód gruntowych – igłofiltr
- wynajem maszyny mikrotunelowej wraz z obsługą
- wynajem i sprzedaż ciężkiego sprzętu budowlanego, części

Ułożenie magistrali wodociągowej o długości 140 m pod dnem Wisły wymaga zastosowania wyjątkowo wytrzymałych i odpornych na korozję rur. Wybór inwestora, Wodociągów Miasta Krakowa, padł na rury Saint-Gobain PAM. Co je charakteryzuje?



MIKOŁAJ RYBICKI,
zastępca dyrektora ds. rozwoju rynku,
menedżer sprzedaży,
Saint-Gobain PAM

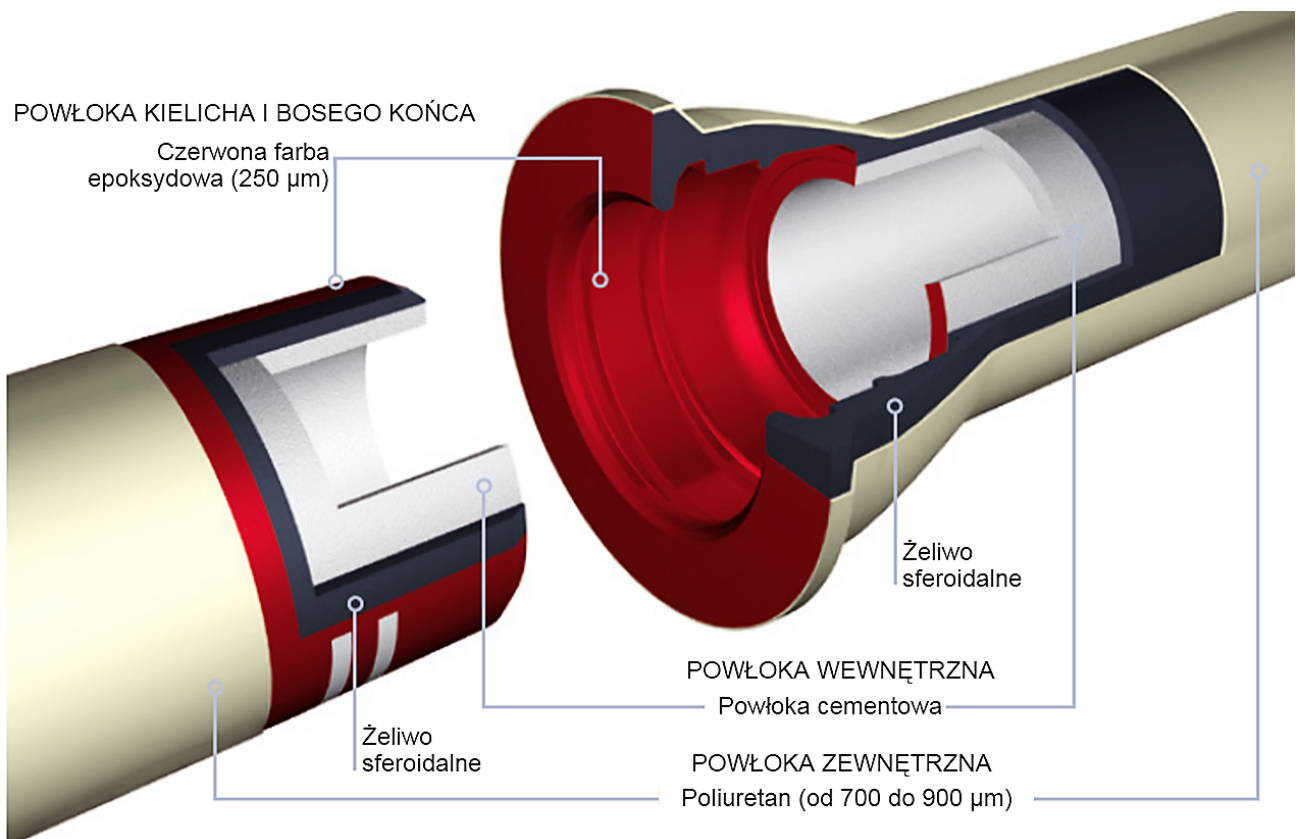
Do przebudowy magistrali wodociągowej DN 800 pod Wisłą w Krakowie, realizowanej przez wciągnięcie rur przez przewiertowe rury osłonowe, Miejskie Przedsiębiorstwo

Wodociągów i Kanalizacji SA w Krakowie zdecydowało się użyć rur z żeliwa sferoidalnego Saint-Gobain PAM. W ciągu wielu lat współpracy krakowskie Wodociągi już nie raz miały okazję przekonać się o bezawaryjności naszych systemów i ich wysokiej jakości, co jest szczególnie ważne w przypadku inwestycji realizowanych w miejscach trudno dostępnych, tak jak np. pod korytem rzeki.

Na miejsce inwestycji dostarczyliśmy ok. 180 m rur z żeliwa sferoidalnego CLASSIC TT PUX DN 800 z połączeniami UNI STD z garbem, dzięki czemu doskonale nadają się do procesu wciągania w rury osłonowe, ponieważ mogą przenosić znaczące siły ciągnięcia, równocześnie zachowując elastyczność złącza, którą gwarantuje elastomerowa uszczelka. Zdecydowano się na rury z powłoką z poliuretanu dla dodatkowej ochrony przeciwkorozyjnej. Powłoki te cechują się wysoką odpornością chemiczną i działają jak bariera pomiędzy żelazem i środowiskiem zewnętrznym, całkowicie izolując materiał od agresywnego oddziaływania gruntu. Z tych powodów nadają się do zastosowania w takich miejscach, jak przejścia przez cieki i zbiorniki wodne zarówno z wodą słodką, jak i słoną, w obszarach bagien i trzęsawisk, występowania słonych wód gruntowych oraz na terenach zanieczyszczonych przez przemysł.

POWŁOKA KIELICHA I BOSEGO KOŃCA

Czerwona farba epoksydowa (250 µm)



Kompleksowe systemy z żeliwa sferoidalnego

