



Wyspy Uznam i Wolin zyskują stałe połączenie komunikacyjne

# Przewiert kontrolowany

Swoimi doświadczeniami z geodezyjnej obsługi budowy tunelu w Świnoujściu dzielą się pracownicy firmy KA-RO. Inwestycja ta, jak sami przyznają, okazała się dla nich ogromną przygodą i niebывałą okazją do samorozwoju.

**N**a budowę w Świnoujściu trafiliśmy w lutym 2019 roku. Prace już się rozpoczęły. Właśnie kończyła się wycinka drzew i odhumusowanie. Od pierwszego dnia wpadliśmy w wir budowy. Pierwsze zlecenia dotyczyły przede wszystkim dróg i placów technologicznych oraz tymczasowych sieci uzbrojenia terenu – więc raczej standardowo. Wystarczył dwuosobowy zespół (jeden kameralista + jeden terenowiec) z zestawem GNSS

Trimble R2 i zmotoryzowanym tachimetrem Trimble S5.

## • Zaczynamy osnowę

W pierwszych dniach wykonaliśmy też kontrolę osnowy założonej przez poprzednią firmę. Odchyłki sytuacyjne nie przekraczały kilkunastu milimetrów, a wysokościowe kilku milimetrów. Do bieżącej obsługi budowy osnowa była więc w sam raz. Jednak do przeprowadzenia pod dnem cieśniny ciągu „na wisząco” o długości ponad półtora kilometra i trafienia w komorę odbiorczą z dokładnością 10 cm – to było zdecydowanie za mało. Rozpoczęliśmy zatem prace przygotowawcze do założenia osnowy o odpowiednio wysokiej dokładności.

Zaczęliśmy od analizy projektu osiadań stanowiącego część dokumentacji i tu pierwsze wyzwanie – przewidywa-

*Wejście do tunelu na wyspie Uznam na ortofotomapie wykonanej ze zdjęć z drona, 16 września 2021 r.*

ny obszar osiadań okazał się dużo rozleglejszy niż wykonana wycinka, a przecież nie mogliśmy bazować na osnowie znajdującej się w strefie wpływów. Burza mózgów i decyzja – uzupełniamy istniejącą stabilizację o punkty poza strefą oddziaływania oraz dodajemy nowe punkty w rejonie komory startowej, możliwie daleko, ale w granicach terenu objętego inwestycją. Dzięki temu będziemy w stanie wykryć najmniejsze zmiany położenia punktów osnowy i odpowiednio zaragować.

## • Łopata nie wystarczy

Ze względu na warunki glebowe – wszechobecny piasek, zdecydowaliśmy się na głęboką stabilizację punktów osnowy. Za pomocą wiertnicy wykonaliśmy otwory o głębokości niemal

2 m i po wrzuceniu zbrojenia zalaliśmy je betonem dostarczonym z pobliskiego węzła w łyżce manitki [ładowarki teleskopowej – red]. Dodatkowo wykorzystaliśmy rury PCW, które, pełniąc funkcję traconego szalunku, pozwoliły wydłużyć stabilizację punktu osnowy do około 1 m ponad poziom gruntu. W każdej rurze wywierciliśmy otwór pozwalający zamontować reper, który został przytwierdzony do zbrojenia i zalany razem z całym znakiem. Tym sposobem powstało 11 trzymetrowych słupów o średnicy 30 cm, zalanych 2 m w głąb ziemi i zwieńczonych adapterem Leica gwarantującym powtarzalność centrowania lustra na punkcie. Łącznie osnowa realizacyjna składała się z 66 punktów, w tym 11 stabilizowanych „ciężką stabilizacją”.

## • Pomiar osnowy

Wyznaczenie wysokości – tu bez rewolucji. Zastosowaliśmy sprawdzone wielokrotnie rozwiązanie – sieć niwelacyjną. Dwa dni pomiaru dały łącznie 153 stanowiska i błędy położenia punktu po wyrównaniu nieprzekraczające w najgorszym przypadku 2 mm. Zadowolone z dobrze wykonanej pracy szybko jednak ustąpiło niepokojowi. Dotarło do nas, że osnowa państwowa, do której się nawiązywaliśmy, zakładana była kilkadziesiąt lat temu, a między wyspami nie ma stałego połączenia – punkty osnowy wysokościowej na obu wyspach oddalone są, idąc łądem, o około 250 km. Nie chcąc powtórzyć historii mostu w Laufenburgu [budowany z dwóch stron, nie „zgrał się” o 54 cm – red.], zdecydowaliśmy się

# Tunel pod Świną

Świnoujście to miasto uzdrowskie położone nad Świną i Morzem Bałtyckim na 3 dużych wyspach (Uznam, Wolin, Karsibór) oraz 41 małych niezamieszkałych wyspach. Takie położenie geograficzne skutkuje dobrym skomunikowaniem poprzez drogi wodne, natomiast sporym problemem jest brak stałego połączenia wyspy Uznam z resztą kraju. Przeprawy promowe są czasochłonne, a podczas szczególnie niesprzyjających warunków pogodowych wręcz niemożliwe. Zdarza się, że wyspa Uznam jest odcięta od reszty kraju, co może zagrażać bezpieczeństwu jej mieszkańców oraz turystów. Problem komunikacji między wyspami ma rozwiązać tunel pod Świną realizowany w ramach projektu „Usprawnienie połączenia komunikacyjnego pomiędzy wyspami Uznam i Woli w Świnoujściu – budowa tunelu pod Świną”.

Inwestorem budowy tunelu jest Gmina Miasto Świnoujście, a inwestorem zastępczym – szczebiński oddział Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Wykonawcą jest konsorcjum firm PORR S.A. (lider), PORR Bau GmbH oraz Gülermak Agir Sanayi

Inşaat ve Taahhüt A.S. Nadzór inżynierski pełni SWECO, a obsługę geodezyjną zapewnia firma KA-RO Sp. z o.o. Dyrektorami kontraktu są mgr inż. Piotr Flisiak z PORR i mgr inż. Tomasz Fortuna z Gülermak, a project managerem ze strony KA-RO – mgr inż. Adam Kołpaczynski.

Wartość brutto inwestycji wynosi 912,562 mln zł, a kwota dofinansowania z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014–2020 – 775,678 mln zł. Umowę na realizację robót podpisano we wrześniu 2018 r.

Przedmiotem inwestycji jest zaprojektowanie i budowa drogi klasy GP (droga główna ruchu przyspieszonego) pomiędzy wyspami Wolin i Uznam w Świnoujściu, na odcinku od ul. Karsiborskiej na wyspie Uznam do skrzyżowania z ul. Duńską i ul. Fińską na wyspie Wolin, o łącznej długości około 3,2 km. Przedsięwzięcie obejmuje budowę tunelu drążonego w technologii maszyny TBM (tunnel boring machine) pod cieśniną Świny o długości 1,44 km wraz z dojazdami w postaci wykopu otwartego i tunelu wykonywanego metodą stropową na wyspach



Fot. Gülermak

Prezydent Andrzej Duda na budowie tunelu, 16 września 2021 r.

Uznam i Wolin. Elementami układu drogowego są ponadto: drogi dojazdowe do tunelu, plac manewrowy, skrzyżowania – rondo na wyspie Wolin i skrzyżowanie typu T na wyspie Uznam. W ramach inwestycji zostaną też przebudowane istniejące przyległe ulice.

20 września br. maszyna TBM przewierciła betonową ścianę szczelinową komory odbiorczej na wyspie Wolin, a więc dotarła do mety. Aby zrównoważyć ciśnienie podczas wchodzenia głowicy TBM do szybu, wcześniej napełniono go wodą. Na ostatnich metrach przekopu Wyspiarce, bo tak nazwano maszynę, towarzyszyli m.in. prezydent RP Andrzej Duda,

minister infrastruktury Andrzej Adamczyk, sekretarz stanu w Ministerstwie Infrastruktury Marek Gróbarczyk i zastępca prezydenta Świnoujścia Barbara Michalska. – Ten tunel staje się faktem. Przed momentem byliśmy świadkami układania ostatnich trzech pierścieni. To epokowe wydarzenie. Ogromnie się z tego cieszę. Tunel będzie służył nie tylko mieszkańcom Świnoujścia i turystom, ale całej Polsce – podkreślał 16 września prezydent RP Andrzej Duda. Przewiercenie się z wyspy Uznam na wyspę Wolin nie oznacza jednak końca prac, bo planowy termin to dopiero wrzesień 2022 r.

Damian Czekaj na podstawie materiałów Inwestora





Źródło: GDDKiA

### Plan orientacyjny inwestycji w Swinoujściu

wykonać kontrolę wysokościową osnowy pomiędzy wyspami. Szerokość cieśniny w tym miejscu to około 500 m, więc niwelator nie wchodził w grę, i pomiar wykonaliśmy jednosekundowym tachimetrem Trimble S5. Wyniki były zaskakująco dobre. Odchyłka nie przekraczała 3 mm. *Chapau bas* panowie inżynierowie ze słusznie minionej epoki.

Jeśli chodzi o pomiar sytuacyjny – tu zaczyna się robić ciekawie. Przypomnijmy, że znajdujemy się w stosunkowo wąskiej przecince w lesie, punkty osnowy mamy niebezpiecznie blisko ściany drzew, więc warunki do wykonania statyki nie są wyśmienite, a dokładności, jakich oczekujemy, muszą zagwarantować precyzyjne przeprowadzenie ogromnej maszyny pod dnem cieśniny i trafienie w komorę odbiorczą.

### • Nadiągają posiłki

W obliczu poważnego wyzwania zwróciliśmy się o pomoc do żywej legendy, jeśli chodzi o pomiary statyczne GNSS – dr. hab. Mieczysława Bakuły, profesora UWM w Olsztynie. Profesor Bakuła przywiózł cały bagażnik sprzętu – 4 zestawy Topcon Hiper II z bateriami, ładowarkami, statywami i spodarkami. Sprzęt przyjechał skonfigurowany do statyki – wystarczy włączyć odbiornik, aby ten zaczął zbierać obserwacje. Dodatkowo profesor

*Pomiar statyczny na „ciężko zastabilizowanym” punkcie osnowy.  
Od lewej: dr hab. Mieczysław Bakuła, Julita Biskup, Bartosz Biskup*

zaprzągł do pracy jeden z naszych odbiorników – Trimble R2, który przez wszystkie sesje pomiarowe znajdował się na jednym stanowisku i wygenerował dziesiątki dodatkowych wektorów, jeszcze lepiej spajając sieć obserwacji.

Pierwszego dnia udało się nam wykonać pomiary na punktach na wyspie Uznam oraz jedną sesję, która posłużyła do połączenia obu wysp. Sesje pomiarowe były dość długie – od momentu włączenia ostatniego odbiornika, w zależności od warunków terenowych, trwały od 60 do 120 minut. W tym czasie prof. Bakuła dał nam prywatny wykład o pomiarach statycznych. Solidna porcja wiedzy. Drugiego dnia zaczęliśmy od kolejnej sesji pomiarowej łączącej obie wyspy, a następnie przeprawą promową udaliśmy się z całym sprzętem na drugą stronę cieśniny, aby pozyskać obserwacje na punktach na wyspie Wolin. Pomiary skończyliśmy późnym popołudniem. Wykonaliśmy pamiątkowe zdjęcie i pożegnaliśmy naszego gościa.

Jesienią 2019 r. przeprowadziliśmy kontrolę. Zespół pomiarowy pod przewodnictwem mierniczego górniczego inż. Joachima Matei wykonał pomiar wszystkich punktów osnowy na wyspie Uznam jednosekundowym tachimetrem Trimble S5 z użyciem metody sieci modularnej. Wykorzystaliśmy 8 dodatkowych statywów ze spodarkami i lustrami, co pozwoliło centrować lustra nad wszystkimi widzianymi z danego stanowiska punktami i wykonać pomiar w seriach. Ostateczne wyniki były bardzo satysfakcjonujące. Błędy położenia punktu





po wyrównaniu nie przekraczały 2 mm. Prowadzenie prac z takiej osnowy to czyista przyjemność.

## • Hala i suwnice

Jednym z pierwszych poważnych obiektów, przy których wykonywaliśmy obsługę geodezyjną, była hala prefabrykacji o powierzchni ok. 2500 m<sup>2</sup>, w której powstają elementy obudowy tunelu (tubingów) oraz jego wyposażenia. Beton do produkcji prefabrykatów pochodzi z wybudowanego tuż obok węzła betoniarńskiego. Obsługa geodezyjna hali polegała na wytyczeniu fundamentów, ustawieniu marek pod słupy oraz kontroli pionowości słupów podtrzymujących konstrukcję ścian i pokrycia dachowego. W hali tyczeniu podlegały również marki pod szyny dla 20-tonowej suwnicy, która służy do wyciągania odlanych w formach elementów obudowy tunelu.

Druga z suwnic, dla których tyczyliśmy szyny, jest większa, 42,5-tonowa i opuszcza elementy obudowy tunelu do komory startowej, skąd transportowane są w głąb tunelu. W tym przypadku szyny przechodzące nad komorą startową podparte są na betonowych belkach i słupach stojących na dwumetrowej grubości żelbetowym stropie komory startowej.

## • Próbnny montaż pierścieni

W hali prefabrykacji ustawiono 24 formy do odlewania elementów obudowy tunelu. Każda forma stoi na 6 stalowych stopach przytwierdzonych do podłoża 4 kotwami. Formy wymagają idealnego spoziomowania. W związku z tym przed montażem form ustawiono na jednej wysokości 576 kotew, a na nich 144 stalowe marki z precyzją  $\pm 1$  mm. Gdy formy zostały zamontowane, obsługa zakładu prefabrykacji wykonała próbne odlewy, które złożono na kolejnych przygotowanych specjalnie do tego celu 24 markach. Te jednak nie były ustawione na tym samym poziomie, gdyż musiały uwzględnić krzywiznę pierścienia, tak aby po zmontowaniu go jego górna część była pozioma. Różnica długości pierścienia wzdłuż osi tunelu sięga nawet 30 cm. Dzięki temu, odpowiednio obracając względem siebie kolejne pierścienie, można profilować łuki pionowe i poziome.

Kontrola geodezyjna obejmowała pomiar geometrii pierścienia. 24 formy pozwalają odlać 24 elementy obudowy (tzw. tubingi), które można złożyć w 3 różne pierścienie. Każdy taki pierścień można z kolei ułożyć w 24 pozycjach względem poprzedniego (obraca-

*Skanowanie laserowe płyty dennej części rampowej tunelu*



*Kontrola próbnego montażu pierścienia obudowy tunelu*

jąc go wokół osi tunelu co 15°). To zaś wymusza idealnie okrągły w przekroju kształt kompletnego pierścienia. Pomiar wykazał odchyłki od projektu o maksymalnie 2 mm na średnicy.

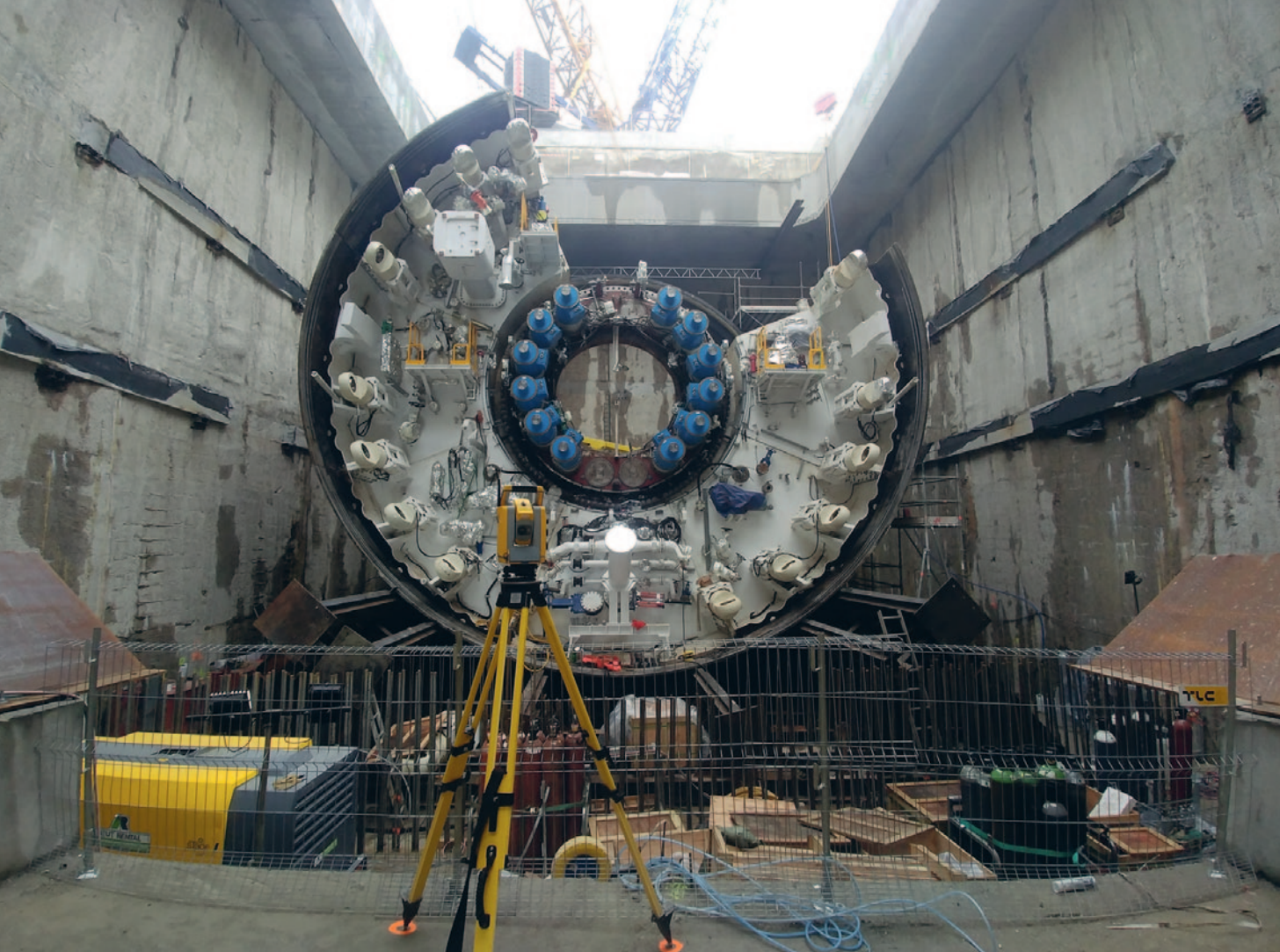
## • Przy konstrukcjach żelbetowych

Kolejnym elementem wymagającym obsługi geodezyjnej były ściany szczelinowe części rampowej tunelu oraz komór startowej i odbiorczej. Tyczeniu podlegały ich osie. Następnie powstawa-

ły szalunki umożliwiające wykonanie tzw. murków prowadzących o półmetrowej szerokości, które podlegały inwentaryzacji. Umożliwiały one poprawne prowadzenie łyżki wykonującej wykop o głębokości sięgającej 40 m, w którym umieszczane były kosze zbrojeniowe zalewane betonem. W ten sposób powstały ściany szczelinowe, między którymi można było wykonać wykopy. Umożliwiło to powstanie części rampowej tunelu oraz komór startowej i odbiorczej.







Kontrola montażu maszyny TBM w komorze startowej



W czasie budowy betonowych wjazdów do tunelu (odcinków rampowych tunelu) wymagana była wysoka precyzja wykonania płyty dennej. Na płycie zostanie ułożona zaledwie 10-centymetrowa warstwa betonu asfaltowego, więc nie ma miejsca na najmniejsze przekroczenia dopuszczalnej normy. Sprawy nie ułatwiał fakt, że płyta denna nie jest pozioma, tylko ma 4% spadku podłużnego i 2,5% spadku poprzecznego. Aby prawidłowo wykonać górę płyty dennej, musieliśmy ustawić kilka tysięcy diabełków [dystansów ruchomych do określenia wysokości betonu – red.]. Tu po raz kolejny z pomocą przyszło oprogramowanie Trimble'a. Diabełki ustawialiśmy, korzystając z modelu płyty stworzonego w oprogramowaniu Trimble Business Center. Dzięki temu znaleźliśmy dokładną wysokość płyty w dowolnym miejscu, a rozmieszczenie diabełków nie było w żaden sposób ograniczone.

Zresztą nie tylko płyty denne tyczyliśmy na podstawie modeli. W wyniku opracowania projektu powstały modele na warstwę ścieralną wszystkich dróg, wia-  
duktów, oczepów ścian szczelinowych, rozpór żelbetonowych, stropów i płyt dennych komór startowej i odbiorczej, stropów na częściach rampowych. Praktycz-

Zespół KA-RO przy maszynie TBM



nie wszędzie tam, gdzie jest to możliwe, decydujemy się na stworzenie cyfrowego modelu, a następnie prowadzenie prac pomiarowych z jego wykorzystaniem.

## ● Pomocny tachimetr skanujący

Ciekawym wyzwaniem było wykonanie mapy odchyłek wykonanej płyty dennej na części rampowej tunelu. Klasyk pomiar tachimetryczny nie mógł zapewnić odpowiedniej gęstości pomiaru w rozsądnym czasie. Zdecydowaliśmy się zatem na zakup najnowszego jedno-sekundowego tachimetru skanującego Trimble SX12. Niezaprzeczalnymi atutami tego typu urządzeń są: szybkość i dokładność pomiaru, możliwość nawiązania każdego stanowiska na osnowę oraz łatwość przetwarzania danych przy użyciu oprogramowania Trimble Business Center. Pozyskiwanie danych z prędkością 26 600 punktów na sekundę to ogromny skok technologiczny względem tradycyjnych tachimetrów. Nieporównywalna z powszechnie stosowanymi skanerami jest również dokładność pojedynczego pozyskanego w wyniku skanowania punktu. O ile przy skanerach dokładność wyznaczenia pozycji 3D zeskanowanego punktu spada zwykle w tempie około 1 mm na każde 10 m od instrumentu, a zasięg skanowania wynosi kilkadziesiąt metrów, to przy Trimble SX12 dokładność wynosi 2,5 mm na 100 m, a zasięg skanowania – nawet 600 m. Dzięki temu zyskujemy wysoki poziom zaufania do zebranych danych.

Wykorzystując SX12, pozyskaliśmy informacje o ścianach i płytach dennych na obu rampach oraz ścianach w komorach odbiorczej i startowej. Cały pomiar zajął 1 dzień. Do obróbki tak wielkiej ilości danych wykorzystujemy nieco zmęczone, ale wciąż całkiem wydajne laptopy DELL Precision serii 7000 oraz oprogramowanie Trimble Business Center. Pozwala to na automatyczne generowanie map odchyłek, przekrojów i profili, a także obliczanie objętości i precyzyjne wskazanie miejsc wymagających poprawek.

## ● Osnowa na start

Zimą na przełomie 2020 i 2021 roku zakończono prace związane z przygotowaniem komory startowej, a nasz zespół zasilila jeszcze jedna osoba – mgr inż. Marcin Mucha, geodeta z ogromnym doświadczeniem przy przeprowadzaniu TBM-ów drążących warszawskie metro. Przystąpiliśmy do zakładania osnowy portalowej [w komorze startowej – red.]. Składała się z 11 stalowych trzpieni z lustrami GPH1 zakotwionych do stropu i ścian szczeliny komory startowej oraz stalowego wspornika z gwintem 5/8 x 11 cala z na-

kręconą na stałe spodarką pozwalającą na wymuszone centrowanie.

Pomiar osnowy portalowej zajął nam cały dzień. Na szczęście trafiliśmy w okienko pogodowe i deszcz nękający nas od kilku tygodni ustał. Wyniki wyrównania spełniły nasze oczekiwania. Wcięcie wstecz na punkty osnowy portalowej w komorze startowej dało błąd kierunku 1–2<sup>cc</sup>. Jednak czym jest geodezja bez kontroli. W nawiązaniu do osnowy portalowej w komorze startowej przeciągnęliśmy ciąg poligonowy po powierzchni wzdłuż dróg technologicznych do nabrzeża, następnie nad cieśniną, aby ostatecznie zakończyć go na komorze odbiorczej. Obliczenia z półtorakilometrowego ciągu wiszącego współrzędne punktów osnowy w rejonie komory odbiorczej różniły się od ich nominalnych współrzędnych o maksymalnie 2,5 cm. Możemy spać spokojnie.

## ● Nadiąga TBM

W piątek 7 października 2020 r. około 17.30 przy nabrzeżu 87 w Świnoujściu zacumował statek Da Chang. Na jego pokładzie była maszyna TBM do drążenia tunelu pod cieśniną Świny. Tarczę rozłożono do transportu na 129 elementów, a następnie przewieziono w rejon komory startowej.

TBM została zmontowana w komorze startowej, jednak jej ustawienie w trakcie skręcania nie było przypadkowe. Zanim suwnica zaczęła opuszczać kolejne elementy maszyny do komory, do ściany czołowej został precyzyjnie ustawiony i przytwierdzony pierścień startowy wraz z kołyską. Dzięki temu TBM mogła zostać skręcona od razu w odpowiedniej pozycji. Było to o tyle ważne, że sterowność nad maszyną uzyskiwana jest dopiero po kilkunastu metrach drążenia, gdy cały zespół tarczy przejdzie przez ścianę czołową i schowa się w gruncie.

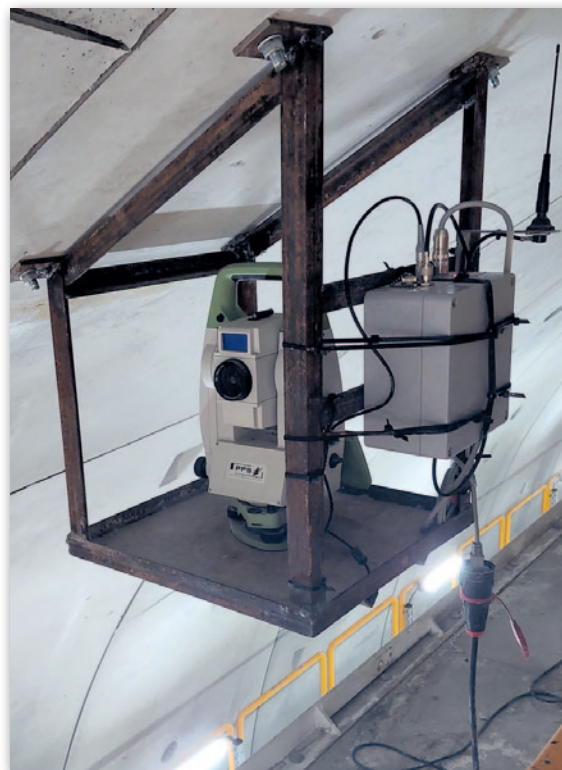
Pierścień startowy i kołyska to w sumie kilkadziesiąt ton stali. Przesuwanie takiej masy bez użycia dźwigu wymaga czasu. Proces przepychania siłownikami i bloczkami tej konstrukcji zajął 3 doby i przez cały ten okres niezbędna była obecność geodety.

## ● Punkty w tunelu

Maszyna TBM jest długa na około 100 m. Wraz z postępem drążenia zakładamy w tunelu osnowę w postaci wsporników przykręconych co 100–150 m w połowie wysokości tunelu – 6 metrów ponad dnem. Jednak ostatnie dwa wsporniki – ten z lustrem wstecz i tachimetrem określającym położenie tarczy maszyny zamontowane są pod samym „sufitem”, co wymusza na nas montaż kolejnego,

nim TBM wyjedzie spod lustra wstecz. W związku z tym przenosimy tachimetr na nowe stanowisko co 36–42 m. Tak wąskie „okienko” spowodowane jest konstrukcją górnego pokładu maszyny składającego się z dwóch około 40-metrowych „wagoników” ciągniętych przez zespół tarczy.

Tempo drążenia zmienia się wraz z warunkami glebowymi i wynosi około 10 m na dobę, choć może nawet sięgnąć 18 m na dobę. W związku z czym zdarzało się, że „okienko” na relokację wypadało w środku nocy. Co drugą relokację przeprowadzaliśmy nowy, niezależny pomiar całej osnowy w tunelu od



Tachimetr podwieszany w tunelu służący do naprowadzania TBM

osnowy portalowej w komorze startowej do tachimetru prowadzącego TBM. Dodatkowo co 400–500 m wybudowanego tunelu realizowaliśmy kontrolę na niezależnym ciągu poligonowym (statywy ustawione blisko osi). Dzięki temu mogliśmy wyeliminować ewentualny wpływ warunków występujących w różnych częściach tunelu na wyniki pomiarów.

A jak wygląda kierowanie maszyną? W tylnej części zespołu tarczy w skrzynkach znajdują się dwa lustra. Boczne ścianki tych skrzynek na przemian otwierają się i zamykają tak, że tylko jedno z luster jest w danym momencie widoczne. Wspomniany już tachimetr wykorzystywany do nawigacji maszyny w kilkusekundowych interwałach obserwuje je na przemian. Dane te prze-





Geodezyjna obsługa budowy wiaduktu nad częścią rampową tunelu na wyspie Uznam

kazywane są do komputera w sterówce i zestawiane z danymi z inklinometrów umieszczonych w przedniej i tylnej części zespołu tarczy. Dzięki temu w czasie rzeczywistym obliczana jest faktyczna pozycja głowicy tnącej, a także środka i tyłu zespołu tarczy. Pozwala to na precyzyjne sterowanie maszyną. Dopuszczalna odchyłka wykonanej osi od jej projektowanego położenia wynosi  $\pm 10$  cm. W praktyce rzadko kiedy przekraczana jest wartość 3 cm.

## • Prace drogowe, mostowe i branzowe

Inwestycja obejmuje także prace drogowe: przebudowę drogi DK93, ścieżki rowerowej na wyspie Uznam, przebudowę ulic Fińskiej, Duńskiej i Skandynawskiej oraz budowę ronda wraz z włączeniami umożliwiającymi powiązanie z drogami, które będą wybudowane w ramach budowy trasy S3. Zadania geodety w zakresie „drogówki” polegają przede wszystkim na pracach inwentaryzacyjnych i kontrolnych oraz na tyczeniach. Roboty ziemne oraz układanie warstw kruszywa wykonuje się przy użyciu maszyn sterowanych z wykorzystaniem przygotowanych modeli 3D. Najwięcej prac tyczeniowych czekało nas podczas prac brukarskich (krawężniki, obrzeża itp.).

W ramach projektu powstają też dwa wiadukty. Jeden na wyspie Uznam, umożliwiający przejazd nad częścią rampową tunelu (biegnącą wzdłuż istniejącej drogi DK93), oraz drugi na wyspie Wolin – rów-

niez przebiegający nad częścią rampową tunelu, umożliwiający przedostanie się na parking samochodów oczekujących na wjazd na promy do Trelleborga i Ystad.

Do naszych zadań należała ponadto obsługa przebudowy sieci gazowej, kanalizacyjnej, wodociągowej, energetycznej i teletechnicznej. Powstało m.in. 6 nowych słupów wysokiego napięcia. Fundamenty głębokie na kilka metrów i milimetrowe dokładności wykonania kotew – było to dla nas nie lada wyzwaniem. Przypominamy, że słupy wysokiego napięcia skręca się w pozycji leżącej, a następnie ustawia dźwigiem na wykonanym wcześniej fundamencie, a wtedy nie ma już czasu nawet na najmniejsze poprawki.

## • Monitoring i drony

Działając we współpracy z firmą odpowiedzialną za monitoring, nasz zespół realizował także pomiary przemieszczeń odczepów ścian szczelinowych podczas wykonywania wykopów na częściach rampowych tunelu oraz w komorach startowej i odbiorczej. Badaliśmy ponadto osiadania gruntu na powierzchni nad osią tunelu w poprzeczkach szerokości około 50 m. Pomiary te były prowadzone jednosekundowym Tachimetrem Trimble S5 i w większości przypadków wykazały prognozowane przesunięcia. Ważny dla bezpieczeństwa był monitoring przesunięć rury z gazem wysokiego ciśnienia, pod którą wykonywany był wy-

kop, konieczny do kontynuowania prac na części rampowej tunelu.

Postępy prac na powierzchni dokumentujemy również, wykonując cykliczne naloty dronem. Co ciekawe, budowa tunelu znajduje się na terenie strefy kontrolowanej CTR lotniska w Heringsdorfie. Dodatkowo po polskiej stronie granicy w bezpośrednim sąsiedztwie terenu budowy znajduje się lądowisko Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. W związku z tym planowane loty musimy zgłaszać na 3 dni robocze przed startem i każdorazowo przed lotem prosić o zgodę kontrolera wieży w Heringsdorfie. Kontakt możliwy jest w języku angielskim lub niemieckim. Naloty wykonujemy cyklicznie co 2–3 miesiące, a wyniki w postaci ortofotomosaiki i chmury punktów przekazujemy głównemu wykonawcy oraz wykorzystujemy do sporządzenia potrzebnej dokumentacji.

Kiedy piszemy ten tekst w połowie września, TBM jest 11 m przed komorą odbiorczą. Przed nami kilkanaście kolejnych miesięcy, w czasie których prowadzone będą prace konstrukcyjne i wykończeniowe w niemal pustej jak dotąd rurze tunelu. Na powierzchni drugi zespół zadba o prawidłowe wykonanie budynku centrum obsługi, układu drogowego i innych elementów niezbędnych do funkcjonowania tunelu. Zakończenie inwestycji i oddanie trasy do użytkownika planowane jest na koniec 2022 r.

Zespół PORR, Gülermak i KA-RO