

Tunele na problemy komunikacyjne



tekst: ANNA ADAMCZAK-BUGNO, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Partnerzy tematu:



Budownictwo tunelowe w Polsce mocno przyspieszyło. Trwają zaawansowane prace nad odcinkami drogowymi i kolejowymi, a kolejne inwestycje są w przygotowaniu. Mimo że w Polsce tunelowe budownictwo podziemne, przede wszystkim ze względu na uwarunkowania geograficzne, nie jest szeroko stosowane, to wpływa korzystnie na rozwój transportu.

Przeniesienie ruchu z zatłoczonych naziemnych obszarów pod ziemię umożliwi dynamiczny rozwój miast i regionów oraz rozwiązuje palące problemy komunikacyjne aglomeracji. Doświadczenia krajowe w zakresie budownictwa tunelowego są relatywnie małe, ale powstające obiekty w pełni spełniają obowiązujące standardy europejskie.

Dlaczego warto budować obiekty tunelowe?

Stworzona w zaplanowany i logiczny sposób infrastruktura podziemna przynosi liczne korzyści. Przede wszystkim tunele komunikacyjne w znacznym stopniu wpływają na podniesienie poziomu życia mieszkańców miast. Racjonalnie zagospodarowana przestrzeń podziemna umożliwia rozwiązanie problemów dotyczących funkcjonowania na powierzchni. Kwestia ta dotyczy przede wszystkim zwiększenia przepustowości ulic,

odciążenia tras przelotowych, usprawnienia komunikacji oraz ograniczenia liczby zdarzeń drogowych. Opcja skorzystania z obiektu tunelowego w formie odcinka drogowego lub metra poprawia komfort podróżowania wszystkich uczestników ruchu drogowego [1].

Warto pamiętać, że uwolnienie obszarów zielonych jest traktowane jako działanie przyjazne środowisku. Zaplanowanie tras komunikacyjnych pod ziemię wpływa znacząco na redukcję szkodliwych gazów zawartych w spalinach, ogranicza stopień zapylenia, a także zmniejsza poziom hałasu i wibracji wywołanych ruchem [2].

Obiekty tunelowe skutecznie rozwiązują problemy infrastrukturalne charakterystyczne dla obszarów okołogórskich. Ich zastosowanie jest często jedyną możliwością pokonania przeszkody terenowej oraz zagwarantowania ciągłości tras komunikacyjnych [1].

Przegląd wybranych tuneli drogowych w Polsce

Tunele drogowe w Polsce są zlokalizowane na drogach różnych klas. Trzy z nich są zarządzane przez Generalną Dyрекcyję Dróg Krajowych i Autostrad. Są to obiekty na trasach: Lubień – Rabka-Zdrój, Południowa Obwodnica Warszawy, Szare – Laliki. Istotnymi obiektami zlokalizowanymi na ciągach komunikacyjnych o dużym obciążeniu są również m.in.: tunel pod Martwą Wisłą, tunel Wisłostrady w Warszawie, tunel W-Z w Łodzi oraz tunel Katowicki. Według danych GDDKiA obecnie w realizacji jest osiem tuneli drogowych o łącznej długości ponad 9,3 km, a kolejnych sześć o łącznej długości 11,3 km pozostaje na etapie przetargu i przygotowania.

Tunele drogowe w budowie

Tunele w ciągu drogi ekspresowej S1, tzw. obejście Węgierskiej Góry (TD-1, TD-2)

To kluczowe przedsięwzięcie związane z Programem Budowy Dróg Krajowych na lata 2014–2023 (z perspektywą do 2025 r.). Inwestycja ma na celu zapewnienie bezpośredniego i szybkiego połączenia na trasie Bielsko-Biała – granica polsko-słowacka (Zwardoń) – Svrčinovec (powiat Czadca, Słowacja). Każdy tunel będzie posiadał dwa pasy ruchu o szerokości po 3,5 m, opaski bezpieczeństwa oraz obustronne chodniki ewakuacyjne. Długość pierwszego odcinka tunelu TD-1 wynosi 834 m, drugiego – 807 m. Długość pierwszego odcinka tunelu TD-2 to 984 m, drugiego – 975 m. Obiekty są wykonywane technologią górnictwem NATM (*new Austrian tunnelling method*). W obu zaplanowano wykonanie nawierzchni betonowych.

Tunel w ciągu drogi ekspresowej S3 Bolków – Kamienna Góra (TS-26)

Pierwszy z podziemnych obiektów w ciągu dwujezdniowej drogi ekspresowej S3 o długości ok. 2300 m, zlokalizowany między miejscowościami Sady Górne, Stare i Nowe Bogaczowice. Drażenie tunelu odbywa się metodą odkrywkową w technologii NATM. Podczas realizacji odcinka wykorzystuje się górotwór jako konstrukcję nośną współpracującą z wykonaną obudową. W obiekcie podziemnym przewidziano nawierzchnię betonową. Planowany termin oddania tunelu do ruchu to drugi kwartał 2024 r.



for: kilban, Adobe Stock



Tunel w ciągu drogi ekspresowej S3 Bolków – Kamienna Góra (TS-32), fot. GDDKiA

Tunel w ciągu drogi ekspresowej S3 Bolków – Kamienna Góra (TS-32)

Drugi z podziemnych obiektów w ciągu dwujezdniowej drogi ekspresowej S3 o długości ok. 320 m, zlokalizowany w okolicy miejscowości Gostków. Realizacja tunelu odbywa się metodą odkrywkową – techniką otwartego wykopu (*cut & cover*). Zgodnie z założeniami tej technologii pierwszym etapem robót będzie wykonanie wykopu i usunięcie ok. 230 tys. m³ gruntu i skał do poziomu fundamentów tunelu. W obiekcie zostanie położona nawierzchnia betonowa. Planowany termin oddania tunelu do ruchu to drugi kwartał 2024 r.

Tunel w ciągu drogi ekspresowej S52 Północnej Obwodnicy Krakowa (TS-04)

Pierwszy z tuneli w ciągu Północnej Obwodnicy Krakowa o długości ok. 653 m. Obiekt jest wykonywany metodą rozkopową z zastosowaniem technologii ścian szczelinowych, zgodnie z którą w pierwszym etapie są realizowane ściany i strop nad tunelem, a następnie jest wybierany urobek gruntowy. Łączna szerokość tunelu ma wynosić 37 m. W obiekcie zaplanowano nawierzchnię betonową. Tunel zlokalizowany będzie poniżej poziomu wody gruntowej na terenie zalewowym pod doliną Prądnika. Planowany termin oddania obiektu do ruchu to trzeci kwartał 2024 r.

Tunel w ciągu drogi ekspresowej S52 Północnej Obwodnicy Krakowa (TS-14)

Drugi z tuneli w ciągu Północnej Obwodnicy Krakowa osiągnie długość ok. 496 m. Obiekt jest wykonywany metodą rozkopową z zastosowaniem technologii ścian szczelinowych, zgodnie z którą w pierwszym etapie są realizowane ściany i strop nad tunelem, a następnie jest wybierany urobek gruntowy. Łączna szerokość tunelu ma wynosić od 37 do 39 m. W obiekcie została

zaplanowana nawierzchnia betonowa. Tunel zlokalizowany będzie poniżej poziomu wody gruntowej na terenie zalewowym pod doliną Prądnika. Planowany termin oddania obiektu do ruchu to trzeci kwartał 2024 r.

Tunel w ciągu drogi ekspresowej S19 Rzeszów Południe – Babica (T-1)

Tunel o przekroju dwunawowym (dwie oddzielne nawy z przejściami poprzecznymi i przejazdem poprzecznym), którego części oddzielają ruch w przeciwnych kierunkach. Długość obiektu ma wynosić 2250 m. Tunel będzie charakteryzować się zmiennym nachyleniem. Zaplanowano żelbetową obudowę obiektu. Wykorzystywana technologia budowy to metoda mechanicznego drążenia maszyną TBM (*tunnel boring machine*). Planowany termin oddania obiektu do ruchu to trzeci kwartał 2024 r.

Tunel pod Świną w ciągu DK93

Przyszła najdłuższa podwodna przeprawa w Polsce o długości ok. 1485 m. Obiekt jest budowany w dwóch technologiach. Odcinki wlotowe, fragment o długości ok. 100 m po stronie wyspy Wolin i część tunelu o długości ok. 200 m po stronie wyspy Uznam są realizowane w technologii stropowej z zabezpieczeniem wykopu ścianami szczelinowymi. Pozostały odcinek jest wykonywany techniką drążenia maszyną TBM. Planowany termin oddania obiektu do ruchu to drugi kwartał 2023 r.

Tunele drogowe na etapie planowania

Tunel w ciągu drogi ekspresowej S6 Zachodniej Obwodnicy Szczecina

Planowany najdłuższy podwodny obiekt w Polsce o długości 5003 m. Założono, że tunel będzie drążony maszyną TBM lub



Tunel pod Świną w ciągu DK93, fot. PORR SA

pokrewną. Zgodnie z zamierzeniami projektowymi, mają zostać wykonane dwie nawy tunelu, a w każdej znajdzie się jezdnia z dwoma pasami ruchu, pas awaryjny i chodniki po obu stronach. Najgłębszy fragment tunelu ma znajdować się ok. 40 m poniżej lustra Odry.

Tunele w ciągu drogi ekspresowej S19 Jawornik – Lutcza – Domaradz

Obiekty wchodzące w skład dwóch ostatnich odcinków drogi ekspresowej S19 biegnącej przez Podkarpacie. Długość tunelu pod górą Kamieniec na Pogórzu Strzyżowskim (T-2) ma wynieść 2910 m, tunelu pod górą Hyb na Pogórzu Dynowskim – 990 m. W dokumentacji projektowej założono, że obydwa tunele będą prowadzić ruch jednokierunkowy o zmiennym nachyleniu niwelety.

Tunele w ciągu drogi ekspresowej S7 Kiełpin – Warszawa (Trasa Armii Krajowej)

Obiekty przewidziane do wykonania na terenie Warszawy. Tunel oznaczony jako T-24 ma osiągnąć długość 1000 m. Drugi obiekt – T-26 – będzie miał 1122 m długości. Zaplanowano wykonanie żelbetowej konstrukcji nośnej tuneli z zastosowaniem technologii ścian szczelinowych i metody podstropowej.

Tunel w Zabierzowie w ciągu DK79

Obiekt planowany jako część obwodnicy Zabierzowa w ciągu DK79 między Krakowem a Śląskiem o długości 317 m. Tunel ma na celu bezkolizyjne przeprowadzenie ruchu wzdłuż projektowanego ciągu komunikacyjnego pod starodrożem istniejącej drogi krajowej. Zaplanowano wykonanie dwunawowego tunelu. W każdej nawie mają znaleźć się dwa pasy ruchu w jednym kierunku.

Przegląd wybranych tuneli kolejowych w Polsce

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. mają w zarządzie 27 czynnych tuneli kolejowych. Ich łączna długość wynosi ok. 160 km. Najdłuższy obiekt tunelowy o przeznaczeniu kolejowym jest zlokalizowany na Śląsku. Budowla o długości 1603 m została wzniesiona w XX w. Najkrótszy polski tunel kolejowy znajduje się z kolei wzdłuż ciągu komunikacyjnego z Zagorza do Krościenka. Jego długość wynosi nieco ponad 50 m.

Tunele kolejowe w budowie

Tunel średnicowy Łódź Fabryczna – Łódź Kaliska / Łódź Żabieniec

Jedna z największych inwestycji w Krajowym Programie Kolejowym, będąca kontynuacją budowy tunelu od Władzowa do stacji Łódź Fabryczna. Celem jest wybudowanie łącznie pięciu tuneli, w których ma się znaleźć 17 km torów. Podziemne trasy drążą dwie maszyny TBM: Katarzyna wykonuje dwutorowy tunel o długości prawie 3 km, a Faustyna drążą cztery tunele jednotorowe: dwa w kierunku Łodzi Kaliskiej i dwa w kierunku Łodzi Żabiańca o łącznej długości 4,5 km. Tunele do Łodzi Kaliskiej i Łodzi Żabiańca pozwolą rozwinąć połączenia aglomeracyjne, regionalne i dalekobieżne, m.in. na trasie Poznań – Kraków i Szczecin – Lublin. Podróże do i przez Łódź staną się krótsze.

Tunel kolejowy w Trzciesku pod Tunelową Górą

Roboty polegające na poszerzeniu tunelu rozpoczną się w najbliższym czasie i zakończą w 2024 r. Umowę z wykonawcą podpisano we wrześniu 2022 r. W ramach prac zostanie rozebrana kamienna obudowa wewnątrz obiektu, którą zastąpi mocniejsza i bardziej wytrzymała konstrukcja żelbetowa. Dzięki realizacji inwestycji zwiększy się liczba przejeżdżających pociągów. Możliwe będą również, nierealizowane obecnie, równoczesne przejazdy



Budowa tunelu średnicowego w Łodzi, fot. PKP PLK S.A.



Widok na komorę tunelu w Łodzi, fot. M. Siemieniec, PKP PLK S.A.



Budowa tunelu średnicowego w Łodzi, fot. R. Wilgusiak, PKP PLK S.A.



Tunel w pobliżu Trzcianka, fot. W. Szczotka, PKP PLK S.A.

.składów po obu torach. Renowacja obejmie ściany oporowe i odwodnienie. Wymienione zostaną tory i sieć trakcyjna. Roboty będą prowadzone unikatową metodą tunel w tunelu, która umożliwi drążenie skał przy prowadzonym ruchu kolejowym na linii Jelenia Góra – Wrocław.

Tunele kolejowe na etapie planowania

Planowane inwestycje dotyczą budowy nowych tuneli oraz przeprowadzenia prac remontowo-modernizacyjnych istniejących obiektów.

Tunel średnicowy w Warszawie między przystankami Warszawa Ochota i Warszawa Powiśle

Obiekty tunelowe o długości wynoszącej 1175 m planowane na liniach nr 2 i 448. Tunele mają powstać w trakcie modernizacji prowadzonej w ramach przebudowy linii średnicowej w stolicy. Efektem będzie zwiększenie przepustowości. Zakres robót ma objąć przebudowę istniejącej konstrukcji tunelu. Planuje się poszerzenie obiektu i przebudowę geometrii torów. Przystanek Warszawa Śródmieście zmieni się w stację. Zakłada się budowę nowego przystanku podziemnego w rejonie ronda de Gaulle'a.

Tunele kolejowe na trasie planowanej nowej linii kolejowej Podłęże – Szczyrzyc – Tymbark oraz zmodernizowanej linii kolejowej nr 104 Chabówka – Nowy Sącz

Projekt przewiduje realizację 13 tuneli kolejowych w terenie górskim metodami drążeniowymi oraz metodą klasyczną – górniczą. Celem prac jest połączenie aglomeracji krakowskiej z okolicami Limanowej.

Tunele kolejowe na trasie planowanego połączenia kolejowego Kraków – Myślenice

Projekt ujęty w programie Kolej Plus. Zgodnie ze wstępnym studium planistyczno-prognostycznym planowana jest budowa dwóch tuneli, z których jeden ma kończyć się w okolicy zakopianki.

Tunel w Bielsku-Białej w km 56,489 na linii nr 139 Katowice – Zwardoń

Obiekt o długości wynoszącej 284,40 m, zbudowany w 1868 r. Tunel znajduje się na linii kolejowej, dla której przygotowywane jest studium wykonalności w ramach zadania Prace na linii kolejowej nr 139 na odcinku Czechowice-Dziedzice – Bielsko-Biała – Żywiec – granica państwa. Zakończenie prac studialnych ma nastąpić w 2023 r. Kolejnym etapem będzie przygotowanie dokumentacji projektowej oraz realizacja robót budowlanych.

Tunel w Rydułtowach w km 50,752 na linii nr 140 Katowice Ligota – Nędza

Obiekt o długości 727,33 m, zbudowany w 1885 r. i wyremontowany w 1982 r. Planowany remont tunelu w Rydułtowach jest częścią robót dotyczących projektu pod nazwą *Prace na linii kolejowej nr 140*. Zadanie jest planowane do realizacji w ramach Krajowego Programu Odbudowy do 2026 r.

Metro i premetro w Polsce

Metro z definicji jest podziemną koleją przeznaczoną do przewozu pasażerów. Zdolność transportowa systemu tego typu zapewnia obsługę ruchu o znacznym nasileniu. Układ ten charak-



Proces układania tubingów podczas obudowy tunelu, fot. gjp311, Adobe Stock

teryzuje się także wyłącznym prawem drogi, wielowagonowymi pociągami, relatywnie dużą prędkością i przyspieszeniem oraz złożonym systemem sygnalizacji. Konstrukcja metra nie zawiera skrzyżowań zlokalizowanych na jednym poziomie. Dzięki temu pociągi mogą poruszać się ze znaczną częstotliwością jazdy i możliwe jest osiągnięcie wysokiego obciążenia peronów. Odległości między poszczególnymi stacjami metra z reguły wynoszą nie więcej niż 1200 m. Wspomniana duża szybkość komunikacji to główna różnica pomiędzy metrem a tramwajami i koleją miejską [3, 4].

W Polsce istnieje jeden system klasycznej kolei podziemnej – warszawskie metro. Ten układ komunikacyjny składa się z dwóch linii oznaczonych jako M1 oraz M2. Linia I łączy centrum miasta z dzielnicami położonymi na północy i południu, II linia prowadzi od lewobrzeżnej do prawobrzeżnej części stolicy. Obecnie mówi się o budowie III linii metra. Według założeń obiekt ten miałby połączyć Pragę Południe z centrum miasta, a docelowo również z Ochotą i Mokotowem. Pierwszy odcinek tunelu ma prowadzić od funkcjonującej już stacji pod nazwą Stadion Narodowy w kierunku do Goławia. Budowa została zatwierdzona. Aktualnie trwają prace proceduralne. Zgodnie z szacunkami budowa III linii metra w Warszawie miałaby się zakończyć w 2028 lub 2029 r.

Stosunkowo szeroko zakrojone plany budowy metra miały i mają także inne polskie miasta, przede wszystkim Łódź, Kraków oraz Poznań. W przypadku Krakowa być może dojdzie do stworzenia podziemnego systemu komunikacyjnego w stosunkowo niedługim czasie. Zgodnie z ostatnimi informacjami planowany układ ma mieć nieco inną formę niż klasyczne metro. Według założeń ostatnia koncepcja opiera się na stworzeniu systemu premetra. Planowana do zrealizowania opcja uchodzi za tańszą

formę klasycznego metra w postaci bezkolizyjnego transportu szynowego. System ma przebiegać częściowo pod ziemią, a fragmentami nad powierzchnią na obiektach estakadowych lub w poziomie gruntu. Na podstawie przedstawionych rekomendacji stwierdzono, że krakowskie premetro ma połączyć tereny Nowej Huty z obszarami zlokalizowanymi w Bronowicach.

Współczesne technologie budowy tuneli

Techniki i technologie stosowane do budowy obiektów tunelowych ulegają stałemu, dynamicznemu rozwojowi. Liczba możliwych do wykorzystania metod wykonania tuneli systematycznie rośnie. Nowe metody częściowo wypierają systemy stosowane dotychczas lub stają się ich alternatywą [3, 5].

Podstawowy podział metod budowy obiektów tunelowych obejmuje systemy klasyczne, zwyczajowo stosowane w sektorze górniczym, odkrywkowe oraz wykorzystujące specjalistyczne maszyny do tunelowania. Wśród technologii górniczych do najczęściej stosowanych należą metody polegające na użyciu materiałów wybuchowych oraz wykorzystujące sprzęty mechaniczne – koparki lub kombajny chodnikowe. Za klasyczną metodę drążenia obiektów podziemnych uważa się także, wspomnianą już podczas omawiania tuneli drogowych w trakcie budowy, technikę NATM [5].

Techniki maszynowego drążenia tuneli opierają się głównie na wykorzystaniu maszyn do tunelowania określanych w skrócie TM (*tunnelling machines*). Wśród urządzeń tego typu można wyróżnić przede wszystkim również przywołane wcześniej maszyny drążące TBM oraz tarcze SM (*shield machines*) [3, 4, 5].

Wspomniany już dynamiczny rozwój budownictwa tunelowego zaowocował stworzeniem maszyn do tunelowania



W 2021 r. został oddany tunel w ciągu S2 Południowej Obwodnicy Warszawy o długości 2335 m. Obiekt naszpikowany jest nowoczesną technologią i wyposażony w 13 systemów bezpieczeństwa, fot. K. Nalewajko, GDDKiA

umożliwiających realizację budowy o niekońcowych przekrojach. Wśród urządzeń tego typu można wskazać:

- maszyny typu DPLEX – urządzenia umożliwiające wykonywanie tuneli o prostokątnym, owalnym lub podkowiastym kształcie przekroju poprzecznego;
- maszyny typu WCST oraz RSM – urządzenia umożliwiające wykonywanie tuneli o prostokątnym kształcie przekroju poprzecznego;
- maszyny typu MCFSM – urządzenia umożliwiające wykonywanie tuneli o złożonym kształcie przekroju poprzecznego, które mogą być z powodzeniem stosowane do wykonywania całych stacji metra.

Za przełomową metodę drążenia tuneli uważa się system MSD, który umożliwia wykonywanie budowy podziemnych bez szybów pośrednich. Technologia ta opiera się na wykorzystaniu maszyn wyposażonych w specjalistyczny kołnierz wysunięty przed urządzenie skrawające. Połączone kołnierze dwóch zlokalizowanych naprzeciw siebie maszyn tworzą ciągłą obudowę, która nie wymaga budowy szybu w miejscu styku. Zgodnie z szacunkami omówiona metoda tarczowa jest aktualnie najczęściej stosowaną techniką tunelowania. W Polsce była ona wykorzystywana podczas realizacji warszawskiego metra. Warto jednak wziąć pod uwagę, że rodzimi wykonawcy mają stosunkowo szerokie doświadczenie w tym zakresie zdobyte poza granicami kraju [5].

Wskazane powyżej technologie odnoszą się głównie do obiektów charakteryzujących się znaczną głębokością. W przypadku tuneli klasyfikowanych jako płytkie zazwyczaj stosuje się metody bezwykopowe umożliwiające tworzenie prostoliniowych odcinków oraz techniki polegające na tworzeniu wstępnej obudowy.

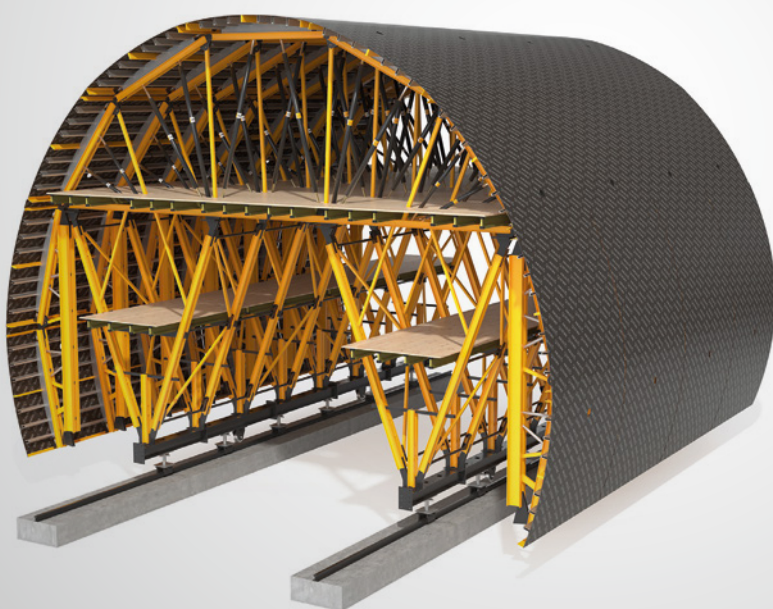
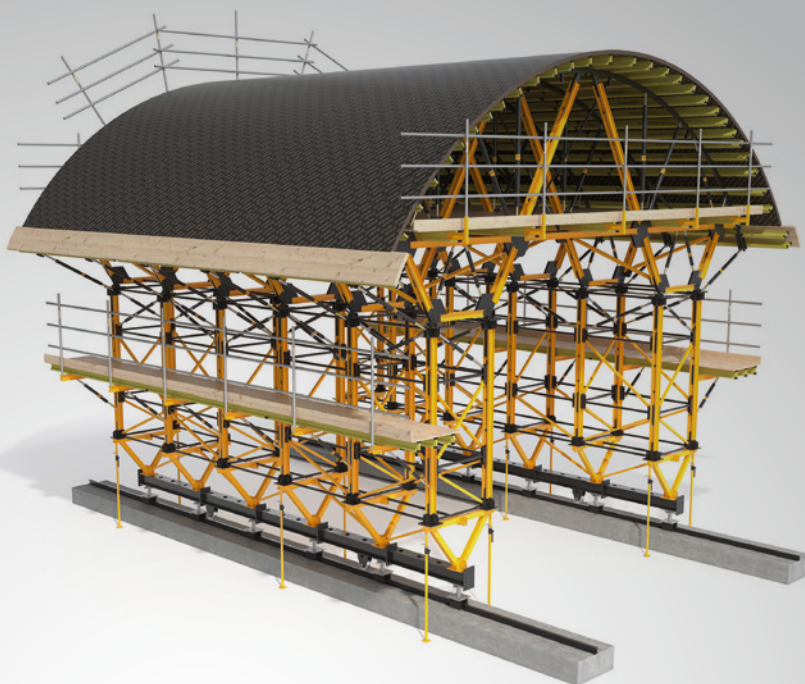
Wymagane wyposażenie techniczne tuneli

Kwestia zapewnienia odpowiedniego wyposażenia technicznego w obiektach tunelowych jest regulowana m.in. przez obowiązujące rozporządzenie dotyczące konstrukcji i wyposażenia technicznego tuneli [6] zgodnego z europejską dyrektywą [7]. Przedstawione w akcie prawnym wymagania dotyczą m.in.:

- zapasowego oświetlenia o charakterze awaryjnym, uruchamianego w sytuacji awarii zasilania zasadniczego;
- awaryjnego oświetlenia o charakterze ewakuacyjnym;
- systemów wymiany powietrza;
- określenia minimalnej klasy urządzeń służących do usuwania dymu i ciepła;
- warunków wyposażania układów wentylacyjnych w klapy przeciwpożarowe oraz systemy monitorujące wzdłużną prędkość przepływu powietrza;
- określenia wymogów stosowania wyposażenia mogącego funkcjonować przez określony czas w warunkach pożaru;
- stosowania zasilania o charakterze awaryjnym w odniesieniu do urządzeń, których funkcjonowanie jest niezbędne w warunkach pożarowych;
- wytycznych dotyczących konstruowania obwodów elektrycznych o znaczeniu kontrolnym i pomiarowym;
- określenia wytycznych dotyczących stosowania układów sygnalizacji pożarowej dla obiektów o długości przekraczającej 500 m;
- sytuowania w obiektach o długości przekraczającej 500 m punktów alarmowych oraz wytycznych dotyczących konstrukcji, wyposażenia i metodyki ich rozmieszczania;
- stosowania dróg i wyjść o charakterze ewakuacyjnym oraz zasad ich rozmieszczania;

KOMPLEKSOWE ROZWIĄZANIA DO BUDOWY TUNELI

WÓZEK MK
do tuneli wykonywanych
metodą odkrywkową



WÓZEK MK
do budowy tuneli
metodą górniczą



Deskowania | Rusztowania | Systemy zabezpieczeń
www.ulmaconstruction.pl





Brenner Basistunnel, fot. materiały prasowe BBT SE

- konstruowania przejść poprzecznych z elementami drzwio- wymi charakteryzującymi się odpowiednią klasą odporności ogniowej oraz właściwymi wymiarami;
- zasad oznaczania znakami bezpieczeństwa;
- stosowania hydrantów;
- stosowania kanalizacji na ścieki deszczowe;
- wytycznych dotyczących wyposażania tunelu w centralny układ kontrolujący systemy bezpieczeństwa oraz urządzenia zainstalowane w obiekcie;
- stosowania systemów monitorowania oraz mechanizmów automatycznie wykrywających zdarzenia drogowe;
- wytycznych stosowania sygnalizatorów świetlnych w obiektach tunelowych oraz instalowania w nich zapór, znaków i tablic o zmiennej treści;
- wytycznych dotyczących stosowania systemu nagłośnienio- wego do przekazywania komunikatów głosowych;
- wytycznych dotyczących stosowania systemów łączności wykorzystywanych przez służby ratownicze;
- wytycznych dotyczących wyposażania schronów oraz in- nych przestrzeni przeznaczonych dla tymczasowo ewa- kuowanych użytkowników tunelowych obiektów pod- ziemnych.

Analizując dostępne na rynku krajowym systemy bezpie- czeństwa dla obiektów tunelowych, można stwierdzić, że wyposażenie technologiczne tuneli dotyczy następujących rozwiązań:

- instalacji rozgłoszeniowej,
- instalacji łączności radiowej,
- instalacji oświetlenia awaryjnego i ewakuacyjnego,
- systemów łączności telefonicznej,
- systemów sygnalizacji pożarowej,
- monitoringu wizyjnego – CCTV,
- systemów wentylacji pożarowej i bytowej,
- systemów zarządzania ruchem,
- systemów zasilania awaryjnego.

Investycje tunelowe na świecie

Śledząc ogólnoświatowe trendy w budownictwie tunelo- wym, można zauważyć, że prowadzone są szeroko zakrojone prace dotyczące budowy strategicznych tunelowych obiektów podziemnych w różnych miejscach globu. Równolegle reali- zuje się także projekty mające na celu usprawnienie pracy specjalistów z zakresu tunelowania. Chodzi tu zarówno o opty- malizację robót terenowych, jak i przyspieszenie procesu

przekazywania danych niezbędnych w trakcie projektowania. Poniżej przedstawiono kilka wybranych ciekawostek tunelowych ze świata.

Budowa najdłuższego tunelu kolejowego na świecie

Brenner Basistunnel (BBT) o długości 64 km, budowany pod kierunkiem austriacko-włoskiego konsorcjum BBT SE, po ukończeniu stanie się najdłuższym podziemnym połączeniem kolejowym na świecie. Obiekt znajduje się pod Alpami między Innsbruckiem w Austrii i Franzensfeste (Fortezza) w Tyrolu Południowym we Włoszech. W tunelu BBT znajdują się trasy dla pociągów pasażerskich osiągających prędkość do 250 km/h oraz składów towarowych, których prędkość wynosi do 160 km/h. Obiekt ten ma zostać częścią korytarza transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T). Realizacja tunelu BBT, w zależności od istniejących na danym odcinku uwarunkowań geologicznych, wymaga stosowania dwóch metod drążenia – konwencjonalnej i mechanicznej.

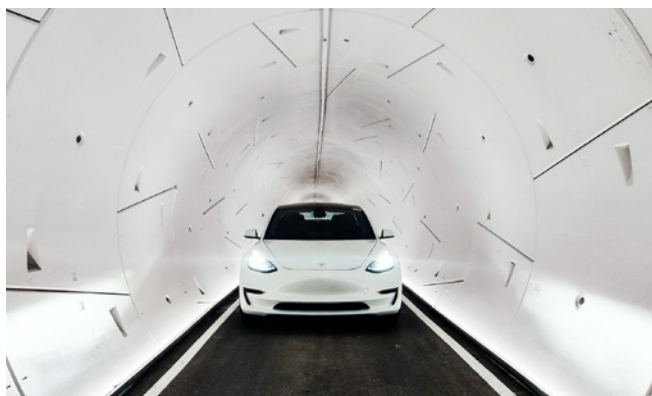
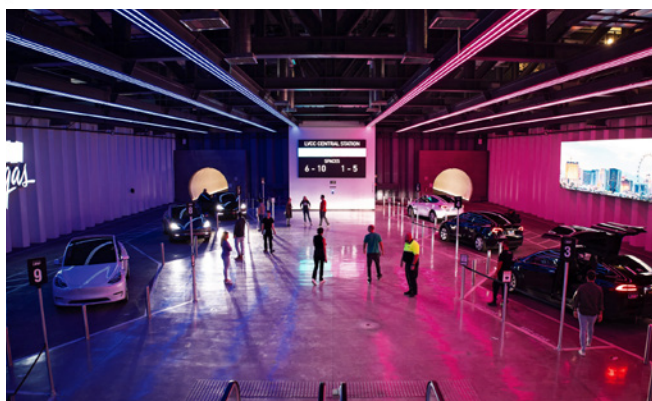
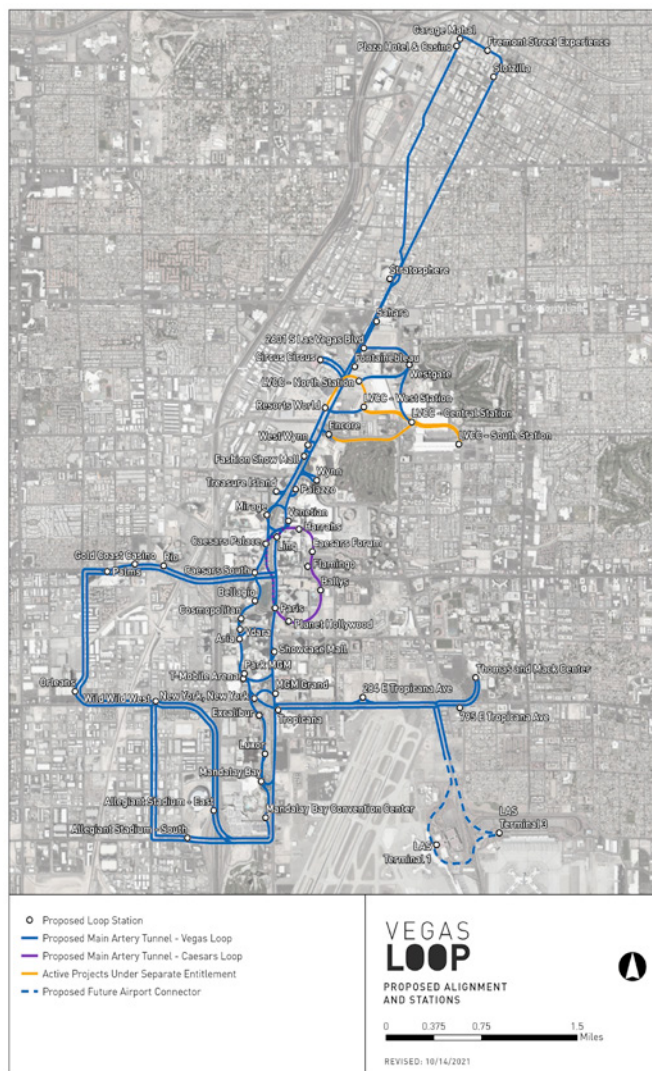
Tunele pod ulicami Las Vegas

The Boring Company, której właścicielem jest Elon Musk, otworzyła cztery z 55 będących w planach podziemnych stacji Vegas Loop. Celem inwestycji jest wydrążenie pod Las Vegas tuneli o relatywnie małej średnicy, które umożliwią umieszczenie w nich produkowanych przez Teslę pojazdów. Samochody mają poruszać się po podziemnych obiektach automatycznie i zapewniać możliwość przejazdu bezpośrednio pomiędzy stacjami bez konieczności odbywania dodatkowych postojów. Początkowo informowano, że w tunelach będą wykorzystywane autonomiczne pojazdy w formie autobusów. Aktualnie mówi się o zwykłych samochodach marki Tesla. Główna część inwestycji jest opłacana ze środków prywatnych. Zgodnie z podanymi informacjami koszty budowy poszczególnych stacji mają obciążać podmioty, którym zależy na przyłączeniu do systemu. Układ tuneli połączy największe punkty hotelowe i kasyna z lotniskiem w Las Vegas. Łączna długość tuneli ma wynieść w przybliżeniu 50 km. Władze miejskie wyraziły zgodę już nie tylko na drążenie tuneli, ale również na budowę stacji w kilku miejscach będących pod bezpośrednią administracją samorządu.

Według założeń projektowych przepustowość systemu ma wynieść niewiele poniżej 60 tys. pasażerów na godzinę. Prędkość poruszania samochodów po obiektach tunelowych ma być znacznie wyższa od szybkości pociągów kursujących w metrze. Zadaniem dużej liczby małych stacji będzie z kolei ułatwienie organizacji przewozu bez konieczności zatrzymywania się na stacjach pośrednich. Pomysłodawca zapewnił, że w tunelach będą obowiązywać najwyższe środki bezpieczeństwa. Podkreśla się także, że inwestycja jest prowadzona bez zaangażowania środków o charakterze publicznym.

Największa hybrydowa maszyna do tunelowania w Chinach

Największa w historii maszyna TBM typu Crossover (XRE) zadebiutowała w Guangzhou w marcu 2021 r. Urządzenie o nazwie TBM Robbins charakteryzuje się średnicą wynoszącą 9,16 m. Jego montaż zajął pięć miesięcy. Zadaniem hybrydowej maszyny było wydrążenie jednego z odcinków obiektu Pazhou Line Lot PZH-1 o długości 2,5 km, realizowanego w ramach projektu *Budowa kolei międzymiastowych w delcie Rzeki Perłowej*.



Vegas Loop, fot. materiały prasowe The Boring Company



Największa hybrydowa maszyna TBM Robbins typu Crossover (XRE), fot. materiały prasowe The Robbins Company

Podczas odwiertu maszyna napotkała różne typy gruntów – od średnio zwietrzałych do silnie zwietrzałych łupków ilastych i piaskowca, po grunty silnie mieszane. Znaczna część skały była spękana, a zawartość kwarcu sięgała nawet 50%. Trasa tunelu ma przebiegać pod rzekami i innymi zbiornikami wodnymi na głębokości od 20 do 31 m od ich dna. Ze względu na mieszanie się warstw gruntu z wodami cieków grunty nad tunelem są wysoce przepuszczalne, co skutkuje naporem wody o ciśnieniu powyżej 7 b. Jednym z głównych celów projektu było ustabilizowanie ciśnienia wody przy jednoczesnym zapewnieniu akceptowalnego tempa postępu robót i bezpieczeństwa budowy. Tunel w delcie Rzeki Perłowej ma zostać oddany do użytku w 2023 r.

Perspektywy rozwoju budownictwa tunelowego

Biorąc pod uwagę trendy dotyczące sektora budownictwa infrastrukturalnego, można stwierdzić, że w ostatnich latach miał miejsce duży przyrost liczby obiektów podziemnych. Inwestycje tunelowe obejmowały obszary o różnym przeznaczeniu, w tym tereny zurbanizowane.

Prognozy dotyczące demografii, według których ma utrzymać się intensywny trend związany z przenoszeniem się ludności na obszary silnie zurbanizowane, są argumentem za inwestowaniem w infrastrukturę podziemną. Staje się ona jednym z podstawowych sposobów umożliwiających zapewnienie komfortu i bezpieczeństwa egzystencji.

Wśród perspektyw rozwoju budownictwa tunelowego zarówno w odniesieniu do kraju, jak i świata należy wskazać stałe dążenie do intensywnej rozbudowy systemów metra. Znaczny potencjał tkwi również w podziemnych trasach drogowych oraz kolejowych. Wspomniane już, będące na etapie realizacji, inwestycje

oraz planowane przedsięwzięcia mają być rozwiązaniem ważnych problemów infrastrukturalnych.

Warto pamiętać, że dynamiczny rozwój budownictwa podziemnego nie odnosi się jedynie do obiektów tunelowych. W różnych zakątkach świata powstają już garaże, magazyny i parkingi podziemne. Pod powierzchnią centrów miast otwiera się restauracje, kina, obiekty sklepowe i galerie handlowe. Podobnie jest z obiektami rekreacyjnymi oraz hotelami.

Podsumowanie

Pomimo że osiągnięcia Polski w dziedzinie budownictwa tunelowego nie wyróżniają nas na tle państw o wysokim stopniu rozwoju gospodarczego i technologicznego, to planowane do realizacji inwestycje pozwalają z nadzieją myśleć o przyszłości polskiego budownictwa podziemnego. Możliwość wykorzystania nowoczesnych technologii oraz różne dostępne sposoby pozyskania środków finansowych z pewnością umożliwią dalsze podnoszenie standardów w zakresie budowy obiektów tunelowych.

Należy pamiętać, że prowadzenie analizy opłacalności budowania tuneli, oprócz aspektu ekonomicznego, wymaga uwzględnienia dodatkowych czynników znacząco wpływających na ostateczną wartość przedsięwzięcia. Nie można bowiem zapomnieć, że budownictwo podziemne eliminuje wiele problematycznych kwestii, takich jak konieczność wykupu nieruchomości, zmiana przebiegu tras istniejącej infrastruktury (m.in. kabli, rurociągów, linii elektroenergetycznych), nakłady niezbędne na utrzymanie odcinków drogowych, szczególnie w okresie zimowym, oraz zapewnienie wymaganego poziomu bezpieczeństwa. W istotnym stopniu wpływa również na ochronę środowiska naturalnego. Doprowadzenie do możliwości ujęcia i utylizacji spalin, a także

ograniczenie zużycia energii i paliw ze względu na skrócenie odcinków komunikacyjnych wiąże się z wyraźną redukcją trudnych do oszacowania kosztów związanych z ochroną klimatu. Wskazane wielokryterialne podejście do analizy umożliwia określenie opłacalności danego obiektu w dłuższej perspektywie czasowej. Na podstawie analizy obecnego stanu budownictwa tunelowego w Polsce w kontekście przyszłego rozwoju miast i regionów można spodziewać się dalszego postępu inwestycji z tego obszaru budownictwa.

Literatura

- [1] Grodecki W.: *Dlaczego budować pod ziemią?*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2010, nr 2, s. 12–15.
- [2] Tajduś A.: *Budownictwo podziemne szansą rozwoju współczesnych miast*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2016, nr 3, s. 48–53.
- [3] Gałczyński S.: *Podstawy budownictwa podziemnego*. Wrocław 2001.
- [4] Glinicki S.P.: *Budowle podziemne*. Białystok 1994.
- [5] Madryas C., Ryż K.: *Współczesne technologie podziemnego budownictwa komunikacyjnego. Metody drążenia tuneli komunikacyjnych*. „Inżynieria Bezwykopowa” 2016, nr 3, s. 48–53.
- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 16 maja 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. Dz.U. 2012, poz. 608.



foto: Vilevi, Adobe Stock

- [7] Dyrektywa 2004/54/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie minimalnych wymagań bezpieczeństwa dla tuneli w transeuropejskiej sieci drogowej. Dz.Urz. UE L 167/39 z dnia 30 kwietnia 2004 r.



Czytaj więcej



**INSTYTUT
BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW**



zapraszają 2 marca 2023 na XXI Seminarium
GEOTECHNIKA DLA INŻYNIERÓW

gdzie każdy uczestnik otrzyma
„Wytyczne wzmocnienia podłoża gruntowego kolumnami sztywnymi”



www.ibdim.edu.pl
www.pzwfs.pl



Czy można powiedzieć, że budownictwo tunelowe w Polsce przeżywa obecnie rozkwit?



TOMASZ ŻUCHOWSKI,
Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad

Od 12 listopada 2022 r. kierowcy korzystają z tunelu pod górą Luboń Mały w ciągu drogi ekspresowej S7 Lubień – Rabka-Zdrój. Wraz z obiektami na Południowej Obwodnicy Warszawy w ciągu S2 oraz S1 Szare – Laliki jest to już ponad 5 km tuneli drogowych na naszej sieci. Budujemy, projektujemy i przygotowujemy kolejne obiekty tunelowe. Będą wśród nich m.in. tunele podwodne oraz obiekty zlokalizowane pod terenami silnie zurbanizowanymi.

Na etapie budowy jest obecnie osiem tuneli o łącznej długości 9,3 km, a sześć inwestycji o długości ponad 11 km znajduje się w przygotowaniu. To wyraźnie pokazuje, że w najbliższych latach tuneli na mapie drogowej Polski przybędzie. Wymaga to od nas wypracowania jak najwyższych standardów dla przyszłych tuneli, bazując na doświadczeniach, które już mamy. Dlatego pod koniec 2022 r. podsumowaliśmy prace zespołu tunelowego i omówiliśmy doświadczenia z oddanych już inwestycji. Do zadań tego zespołu należy opracowywanie standardów i wytycznych dla wzorcowych dokumentów stosowanych w GDDKiA w zadaniach tunelowych. Prace skupione są na zmaksymalizowaniu efektywności działań prowadzonych w zakresie realizacji inwestycji tunelowych. Już planujemy kolejne spotkania zespołu. Mając na względzie postęp technologiczny oraz wagę wspólnych doświadczeń, o kwestiach tunelowych będziemy rozmawiali coraz częściej.



Tunel na Południowej Obwodnicy Warszawy, fot. GDDKiA



prof. dr hab. inż.
MAREK CAŁA,
Akademia Górniczo-Hutnicza

Wiele lat czekałem, aby wreszcie na to pytanie móc udzielić odpowiedzi tak, jak najbardziej tak! Przytoczmy najpierw kilka ogólnie znanych faktów – tylko w zakresie tuneli drogowych (a przecież i na kolei się dzieje!). Obecnie użytkowane są trzy tunele. Idąc chronologicznie, to tunel na trasie S1 Szare – Laliki, użytkowany od 2010 r., tunel drogi ekspresowej S2 w Warszawie pod Ursynowem w ciągu Południowej Obwodnicy Warszawy (od 20 grudnia 2021 r.) oraz tunel pod górą Luboń Mały w ciągu drogi ekspresowej S7 Lubień – Rabka-Zdrój (od 12 listopada 2022 r.). Budowanych jest kolejnych osiem tuneli o łącznej długości 9,3 km (DK93 w Świnoujściu, S3 Bolków – Kamienna Góra – dwa tunele, S1 Przybędza – Milówka – dwa tunele, S19 Rzeszów – Babica – 2250 m, S52 Północna Obwodnica Krakowa – dwa tunele). Sześć tuneli o długości 11,3 km jest obecnie w przygotowaniu (S6 Zachodnia Obwodnica Szczecina, DK79 Zabierzów, S19 Jawornik – Domaradz – dwa tunele, S7 Kielcin – Warszawa – dwa tunele).

W jednej z dyskusji w sieci „wypomniano” mi ostatnio, jak to kilkanaście lat temu mówiłem na wykładach o tarczach TBM i tunelach drążonych na świecie, podczas gdy w Polsce budowano tylko metodami odkrywkowymi bądź z zastosowaniem technik górniczych. Studenci zastanawiali się wtedy, czy kiedykolwiek będzie im dane zobaczyć w Polsce TBM. I proszę – są, nie jedna tarcza, lecz kilka, drążą tunele o różnych średnicach i przeznaczeniu. Ostatnio wielu ludzi emocjonowało się przejazdem tarczy TBM do tunelu Babica, co odbiło się szerokim echem w mediach i zrobiło wspaniałą robotę dla promocji tunelowania w Polsce. Tunele wkraczają zatem do naszego życia coraz odważniej i od razu dużą falangą. Teraz są pewną nowością technologiczną, cieszymy się nimi i jesteśmy bardzo dumni, że wreszcie są. Zatem z pełnym przekonaniem odpowiadam tak, tunelowanie przeżywa obecnie lata rozkwitu. I niechaj budownictwu tunelowemu się darzy i dzieje jak najlepiej. Tak aby za kilka lat weszło na stałe do naszej rzeczywistości i każdy postrzegał przejazd tunelem czy też budowę kolejnego tunelu jako coś zupełnie normalnego i zwyczajnego. Oczywiście dla użytkowników, bo dla inwestorów i wykonawców każdy tunel będzie wielkim wyzwaniem.



prof. dr hab. inż.
TOMASZ SIWOWSKI,
Politechnika Rzeszowska

Twierdząca odpowiedź na to pytanie wynika z następującego faktu: łączna długość dużych tuneli drogowych, które zostały lub będą zbudowane w Polsce w latach 2003–2026 wyniesie ok. 30 km. Biorąc pod uwagę, że prawie wszystkie te tunele są dwunawowe (a więc ich długość można podwoić) i szerokie na 15–20 m, skala budownictwa tunelowego w Polsce jest bezprecedensowa nie tylko w Europie, ale także na świecie. A przecież do tego trzeba dodać jeszcze planowane tunele kolejowe (np. tunel średnicowy w Łodzi o długości 7,5 km, linia kolejowa Podłęże – Piekietko z tunelami o łącznej długości 11,7 km itp.) oraz budowane w sposób ciągły tunele warszawskiego metra. Bez wątplenia jako kraj jesteśmy jednym z największych tunelowych placów budowy w Europie.

Ponad 80% tuneli drogowych zostanie zbudowanych przez GDDKiA, reszta była lub jest realizowana przez duże miasta (Warszawa, Gdańsk, Kraków). Tunele stały się modne nie tylko wśród mieszkańców, ale także wśród administracji państwowej i samorządowej, odpowiedzialnej za ochronę środowiska. Schowanie uciążliwych tras komunikacyjnych pod ziemię okazuje się najskuteczniejszym, chociaż najdroższym sposobem zaspokojenia oczekiwań społecznych w miastach i spełnienia surowych europejskich przepisów środowiskowych. Popularność i „społeczna skuteczność” tuneli spowodowała, że nawet w ciągu niektórych dróg samorządowych jest rozważana budowa tuneli, co jeszcze do niedawna było całkowitą abstrakcją ze względu na duże koszty budowy tuneli. Należy jednak pamiętać, że ten obecny tunelowy zapał może być stopniowo studzony wraz z uświadamianiem sobie przez administrację drogową kosztów i ryzyk związanych z zarządzaniem bezpieczeństwem i utrzymaniem tuneli.

Wraz z realizowanymi inwestycjami tunelowymi zostały zaimportowane do Polski najnowocześniejsze technologie budowy tuneli. Ponad 45% tuneli drogowych z podanej wyżej długości całkowitej oraz zdecydowana większość tuneli kolejowych i metra jest i będzie realizowana metodą zmechanizowaną za pomocą tarczy TBM. Metodę tę dodatkowo spopularyzowała w Polsce bezprecedensowa operacja transportowa tarczy TBM z portu w Szczecinie do Babicy na Podkarpaciu. To swoiste tunelowe *tour de Pologne*, obserwowane przez tłumy na trasie przejazdu konwojów, uświadomiło wykonawcom i zarządcom, że transport polskimi drogami blisko 500-tonowych elementów tarczy TBM o średnicy ok. 15 m jest możliwy i wykonalny. Udowodniono w ten sposób, że tą najefektywniejszą i najbezpieczniejszą metodą można budować szerokie tunele drogowie nie tylko na wybrzeżu Bałtyku (Gdańsk, Świnoujście), ale także w Polsce południowej, w warunkach fliszu karpackiego, gdzie zalety drążenia za pomocą TBM są szczególnie korzystne.

Olbrzymi rozwój i postęp techniczny jest widoczny także w wyposażeniu tuneli (wentylacja, systemy ochrony przeciwpożarowej, systemy zarządzania ruchem itp.). Wraz ze zmianą przestarzałego prawa otworzyła się w Polsce możliwość wdrażania najnowocześniejszych rozwiązań w tym zakresie. I trzeba powiedzieć, że administracja drogową z tego korzysta. Zamawiamy i budujemy, cytując jednego z urzędników, „mercedesy tunelowe”, o poziomie wyposażenia zdecydowanie wyższym niż przeciętna europejska. Co więcej, czasami europejskie (i polskie) przepisy tunelowe są w zakresie bezpieczeństwa celowo (i czasami bez uzasadnienia) zastrzane w dokumentach niektórych zamawiających, aby polskie tunele były „najbezpieczniejsze”. No cóż, kto bogatemu zabroni...



Wizualizacja tunelu S19 w Babicach, źródło: GDDKiA

