



BUDOWNICTWO PODZIEMNE SZANSĄ ROZWOJU WSPÓŁCZESNYCH MIAST



tekst: **prof. dr hab. inż. ANTONI TAJDUŚ**, kierownik Katedry Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej, rektor AGH w latach 2005–2012

Kiedy kilkanaście tysięcy lat temu pojawiły się pierwsze budowle podziemne, zapewne nikt nie przypuszczał, że budownictwo podziemne tak się rozwinie i nie będą mogły bez niego funkcjonować współczesne społeczeństwa. Dzisiaj trudno sobie wyobrazić drogi szybkiego ruchu bez tuneli, dostarczanie czystej wody, energii, towarów oraz odstawy odpadów bez odpowiednich budowli podziemnych. Następuje przecież ciągły wzrost liczby ludności w świecie, przenoszenie się ludzi ze wsi do miast i związana z tym ich rozbudowa.

Szacunki ONZ wskazują, że po roku 2020 blisko 50% ludności na świecie będzie żyło w wielkich miastach. Dzisiejsze niektóre miasta staną się metropoliami, a te – megametropoliami. W tych ogromnych skupiskach ludzi z dużą ostrością wystąpią problemy zapewnienia szybkich i wydajnych dróg transportowych, dostarczania czystej wody, energii, towarów oraz odstawy odpadów. Rozwiązanie tych problemów stanie się głównym zadaniem budownictwa podziemnego. Zachodzą zmiany klimatyczne, które spowodują dodatkowe zadania dla budownictwa podziemnego. Ze względu na zabudowaną powierzchnię miast, pod ziemią w coraz większej liczbie budujemy tunele, metra i podziemne odcinki premetra, podziemne garaże, hale sportowe, składowiska towarów i odpadów, a także różnego typu mikrotunele itp. W krajach rozwiniętych zauważono, że budownictwo podziemne przyczynia się do poprawy warunków życia mieszkańców miast, a przez zagospodarowanie przestrzeni pod powierzchnią ziemi rozwiązuje się nie tylko problemy techniczne, ale i społeczno-cywilizacyjne w sposób chroniący środowisko naturalne. Lokalizacja ciągów komuni-

kacyjnych pod ziemią zmniejsza zanieczyszczenie środowiska, eliminuje hałas i wyburzenia istniejących obiektów na powierzchni. Przed projektantami i inżynierami stoją ogromne wyzwania, aby te budowle zostały zaprojektowane i wykonane w sposób prawidłowy oraz bezpieczny.

Ale wróćmy na moment do historii, bowiem już w dawnych wiekach istniały rozwiązania inżynierskie dla miast, mające zastosowanie do dzisiaj. Z reguły były to tunele dostarczające do miast wodę. Do najstarszych obiektów podziemnych zalicza się kilka tuneli transportujących wodę do Jerozolimy, zbudowanych ok. 1000 r. p.n.e., za czasów panowania królów Dawida i Salomona (długość tuneli od 300 do 550 m, szerokość 0,75 m, wysokość 1,7 m). Jeden z tych tuneli jest używany do dzisiaj. System kończył się szybem znajdującym się wewnątrz miasta. Tunele te przyczyniły się zresztą do zguby Jerozolimy i jej zdobycia przez króla Dawida w 1004 r. p.n.e. Król Dawid postanowił wtedy przenieść stolicę z Hebronu do Jerozolimy. Podobnie dla miast Cumae, Rzymu, Lyonu, Nîmes były zbudowane tunele doprowadzające wodę.

Później król Ezechiasz (721–693 p.n.e.), aby uczynić Jerozolimę niezdobytą, polecił wykuć w skale góry Syjon tunel doprowadzający wodę z źródła Gihon do miasta. Tunel ma długość ok. 533 m, a trzy fakty świadczą o bardzo wysokiej ówczesnej inżynierskiej sztuce budowania tuneli. Obiekt w kształcie prostokąta ma znaczne jak na tamte czasy wymiary: szerokość od 60 do 90 cm i wysokość wahającą się od 1,4 do 4,8 m; drążony był jednocześnie z dwóch stron (szereg tuneli było drążonych tą metodą, a jest to trudne przedsięwzięcie geodezyjne), prędkość postępu drążonych w skałach tuneli dochodziła do 1,5 m (dla porównania podczas budowy I linii metra warszawskiego blisko 2700 lat później średni postęp wynosił 2 m na dobę). Tunel wybudowany za czasów króla Ezechiasza służy do dzisiaj, po gruntownym oczyszczeniu na początku XX w.

W Polsce już kilkaset lat temu także rozwinęła się zabudowa podziemna miast. Pod dzielnicami staromiejskimi wielu ośrodków miejskich, wzniesionych zwłaszcza na utworach lessowych, wykonano wiele wyrobisk w postaci ciągów komunikacyjnych, tuneli, wielopoziomowych piwnic i komór dla celów gospodarczych (magazyny) i obronnych, które tworzą swoiste podziemne miasta pod miastami. Dowiedzieliśmy się o tym pod koniec XIX w., kiedy w starych aglomeracjach miejskich wystąpiły awarie budowlane, które w kilku miejscach przybrały postać katastrof budowlanych nie tylko pojedynczych budynków, ale całych zespołów obiektów. Konieczność ratowania zabytkowych dzielnic stała się wielkim wyzwaniem dla naszej nauki i techniki. Już od 1956 r. w akcję ratowania zabytkowych dzielnic staromiejskich zaangażowała się AGH, a dokładniej powołany specjalnie w tym celu interdyscyplinarny zespół naukowy pod kierunkiem początkowo prof. Feliksa Zalewskiego, a później prof. Zbigniewa Strzeleckiego. Prace tego zespołu pozwoliły zabezpieczyć staromiejskie podziemia 18 miast, wśród nich takich, jak Jarosław (piwnice i składy kupieckie pochodzące z XV–XVII w.), Sandomierz (piwnice i tunele z XV w.), Kłodzko (sieć korytarzy i komór o charakterze gospodarczym i militarnym), Opatów (trójkondygnacyjny zespół tuneli i piwnic kupieckich z XII–XIV w.), Rzeszów (34 piwnice pod kamienicami i płytą Rynku z XV–XVI w.), Świdnica (blisko 280 podziemnych piwnic, komór z XIV i XV w.), Krasnystaw (podziemne magazyny z XVI w.), Przemyśl (wielopoziomowe piwnice z XV w.), Bodzentyn (dwi- i trójkondygnacyjne komory o charakterze gospodarczym i obronnym), Kraśnik (dwupoziomowe piwnice i tunele, do dzisiaj część słabo rozpoznana), Lublin (komory i tunele wykonane dla celów obronnych i gospodarczych w XV i XVI w.).

Zabezpieczanie podziemi polegało m.in. na wzmocnieniu fundamentów, wymianie obudów wyrobisk podziemnych, ujęciu wody i przebudowie sieci wodociągów oraz kanalizacji, zlokalizowaniu i zlikwidowaniu wielu wyrobisk podziemnych komór i tuneli, w wybranych przypadkach pozostawiając te, które połączone mogły tworzyć podziemne trasy turystyczne. Tworzenie podziemnych tras turystycznych związane było i jest ze wzrostem zapotrzebowania na tzw. turystykę podziemną – zwiedzanie tajemniczych bądź sentymentalnych podziemi górniczych (tuneli, komór, szybów, szybków), które przyciągają swoją tajemniczością, osobliwością, historią. Aktualnie znajduje się w Polsce 35 podziemnych tras turystycznych zlokalizowanych w 34 obiektach podziemnych o łącznej długości ok. 35 km, które rocznie zwiedza ponad 2,5 mln osób.

Od tamtych czasów sztuka wykonywania budowli podziemnych niezwykle się rozwinęła i zmieniły się także cele, dla których są wykonywane. Jednocześnie z rozbudową współczesnych miast na powierzchni zaczęła powstawać ogromna infrastruktura podziemna miast, praktycznie podziemne równoległe drugie miasta. Dla przykładu, infrastruktura podziemna Nowego Jorku (kable elektryczne i przesyłowe, rurociągi z wodą i gazem, tunele metra, tunele kanalizacyjne, główne tunele wodne) zaczyna się tuż pod powierzchnią ulic, zaś kończy się ok. 240 m pod powierzchnią ziemi i można ją podzielić na trzy poziomy (poziom I od 0 do 9 m, poziom II od 9 do 60 m, poziom III od 60 do 240 m). Tuż pod powierzchnią ziemi znajduje się ponad 130 tys. km kabli dostarczających energię elektryczną dla miasta. Dalej zalegają ostatnio kładzione światłowody dla celów telekomunikacyjnych. Każdego dnia blisko 6 mld l wody płynie do miasta. Główne tunele wodne zaopatrujące Nowy Jork znajdują się na głębokości ponad 200 m. Ciekawostką jest, że transport wody odbywa się grawitacyjnie. Pompy są stosowane tylko w budynkach wyższych niż sześciopiętrowe. Gaz jest transportowany ze złóż pod Zatoką Meksykańską, czyli z odległości prawie 2900 km. Pod ziemią tkwi także wiele zapomnianych kabli, rur i ciągów. Niektóre tunele mają już ponad 130 lat i nadal funkcjonują, np. tunel miejski nr 1 wciąż dostarcza nowojorkczykom świeżą wodę. W 1882 r. dla ograniczenia zanieczyszczenia powietrza wprowadzono biegnące pod ziemią centralne ogrzewanie parowe.

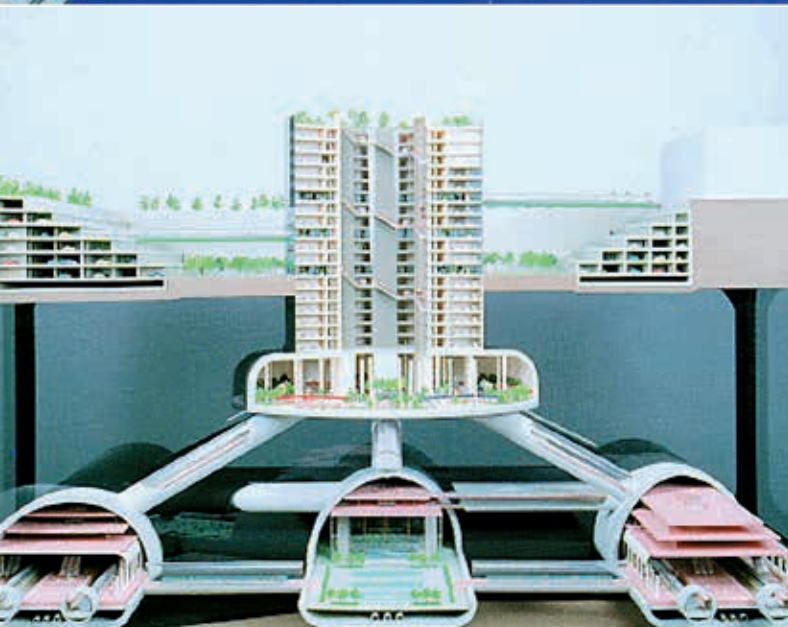
Ten kierunek rozwoju miast – w kierunku rozbudowy podziemi – przewidują eksperci. Już w 1995 r. na Światowym Kongresie Budowy Tuneli STUVA stwierdzono: „O ile w XX w. dominującą rolę odgrywało budownictwo nadziemne z budową obiektów o coraz większej wysokości, o tyle XXI w. zmusi ludzkość do rozwiązywania problemów w przestrzeni podziemnej”. Można zatem stwierdzić, że dla prawidłowego rozwoju współczesnych miast konieczne jest zagospodarowanie przestrzeni podziemnej.

Jest szereg przyczyn, dla których podziemia miast będą wykorzystywane w coraz większym zakresie:

- gęsta zabudowa powierzchni, brak terenów do zabudowy, konieczność lepszego wykorzystania terenów i rozsądnego rozmieszczenia obiektów (przejścia podziemne, metra, premetra, parkingi podziemne, mikrotunele, baseny, boiska sportowe, podziemne sklepy itp.),
- ze względu na odizolowanie się od warunków zewnętrznych (stałe warunki klimatyczne, naturalne katastrofy, trzęsienia ziemi),
- dla ochrony środowiska (ekologia, estetyka),
- z powodu topografii terenu (tunele pod wzniesieniami, rzekami itp.),
- z powodów społecznych, bytowych (transport wody, transport odpadów).

Budowle podziemne wykonywane w obrębie miast dzielą się na:

- tunele dla celów komunikacyjnych – przejścia podziemne dla pieszych, tunele drogowe, tunel kolejowe, żeglugowe, metro, premetro;
- tunele i mikrotunele dla celów transportowych – pobór i transport wody, transport odpadów, ścieków, transport wód burzowych;



Podziemia światowych metropolii (np. podziemna infrastruktura Nowego Jorku ma trzy poziomy i sięga do głębokości 240 m)

- komory dla celów użytkowych – parkingi, garaże, komory pomp, rozdzielnie, węzły komunikacyjne;
- obiekty sportowe, rekreacyjne, kulturalne – baseny, boiska sportowe, sale gimnastyczne, podziemne teatry, kina, kocioty;
- mikrotunele dla celów użytkowych – przewody telefoniczne, kable i przewody elektryczne, instalacje rurowe;
- podziemne magazyny – magazyny dla cieczy i gazu, magazyny na odpady, magazyny na żywność, zamrażarki;
- budowle dla celów obronnych – schrony, centra dowodzenia.

Metra i premetra

W wielu współczesnych miastach komunikacja oparta jest na metrze lub premetrze. Ogólnie można wyróżnić: metro (ciężkie), premetro (ciężkie), premetro (ciężkie / lekkie), premetro (lekkie).

Metra (nazywane często ciężkim) to podziemna kolej elektryczna, składająca się z kilku wagonów, pozwalająca na transport znacznej liczby pasażerów, rozwijająca duże prędkości (do 80 km/h) i znaczne przyspieszenia, poruszająca się po bezkolizyjnych trasach, mająca wysoką częstotliwość jazdy pociągów. Stacje metra są zwykle rozmieszczone w odległości 800–1200 m. Linie metra ciężkiego w przeważającej części biegną w tunelach, chociaż na niedużym dystansie mogą także biegać po powierzchni terenu lub estakadach. Rozstaw szyn wynosi 1435 mm.

Rodzaje premetra w zależności od rodzaju transportu:

- ciężkie – podobne do metra ciężkiego, ale istotna jego część biegnie po powierzchni terenu;
- lekkie – w porównaniu z metrem ciężkim ma koleje elektryczne o lżejszej konstrukcji (np. kabiny), pociągi są krótsze, jeżdżą z większą częstotliwością, są zautomatyzowane, przewożą jednorazowo mniej pasażerów niż kolej ciężka, lecz więcej niż tramwaje. Linie premetra są połączeniami bezkolizyjnymi, biegnącymi zarówno pod ziemią (w miejscach gęsto zabudowanych), jak i na powierzchni terenu lub po estakadach.
- ciężkie / lekkie – jest hybrydą klasycznego metra i lekkiej kolei lokalnej, a czasem linii tramwajowej (takie rozwiązanie istnieje np. w Amsterdamie).

W miastach Unii Europejskiej funkcjonuje aktualnie 48 systemów metra i 16 premetra. Obserwacje ostatnich lat wskazują, że wiele miast będzie budowało właśnie premetra, ponieważ ich wykonanie i eksploatacja są dużo tańsze (np. mniejsze przekroje tuneli, tańszy tabor, w szeregu miejsc słabo zabudowanych przebiega na powierzchni ziemi). Premetra występują m.in. w takich miastach na świecie, jak Amsterdam, Antwerpia, Boston, Bruksela, Buffalo, Charleroi, Düsseldorf, Edmonton, Frankfurt, Haga, Houston, Kolonia, Bonn, Mannheim, Krzywy Róg, Pittsburgh, San Diego, San Francisco, Saint Louis, Stuttgart, Walencja, Wiedeń, Wołgograd, Zagłębie Ruhry. Niedawno zbudowano premetro w Kopenhadze (2002), Porto (2002), Rennes (2002), Turynie (2006), Palma de Mallorca (2007), Sewilli (2009) i Brescii (2013). Aktualnie budowane są premetra w Maladze, Salonikach, Wilnie, Belgradzie, Zagrzebiu. Polska nie ma dużych doświadczeń z wykorzystaniem metra lub premetra do transportu pasażerów. Dotychczas w Warszawie funkcjonują dwie linie metra i projektowana jest trzecia linia. Przygotowane

Tab. 1. Porównanie średnich kosztów budowy różnych części premetra

Lokalizacja posadowienia premetra	Cena za 1 km [mln zł]	Współczynnik
Część premetra biegnąca na powierzchni	45–90	1
Część premetra biegnąca po wiaduktach	90–210	2–2,5
Część premetra biegnąca pod ziemią	180–540	4–6

są wstępne projekty budowy premetra w Krakowie i Wrocławiu. W dalekich planach jest budowa metra w Katowicach, Poznaniu. Przewiduje się, że premetro w Krakowie powinno być podobne do niedawno uruchomionego w Kopenhadze (2012). Premetro w Kopenhadze ma następujące parametry: długość 20,4 km, liczba pojazdów 34, każdy pojazd składa się z trzech wagonów, skrajnia 1435 mm, średnia prędkość pojazdu 40 km/h (tzw. szybki tramwaj 18 km/h), maksymalna prędkość 80 km/h.

Największe metra w świecie codziennie przewożą ogromne ilości pasażerów. Dla przykładu, metro w Tokio zwane Eidan posiada osiem linii o łącznej długości 169,3 km i przewozi dziennie 5,7 mln pasażerów (czyli 2,5 razy więcej niż ludność Warszawy i Krakowa razem wzięta!), co daje przewozy rzędu 2 mld ludzi rocznie. Więcej przewozi rocznie tylko metro w Moskwie – ponad 3 miliardy. Powyżej 1,5 mld osób przewożą także metra w Nowym Jorku oraz Paryżu. Do jednego z najstarszych należy metro w Londynie – początek budowy 1863 r. Ma długość 408 km i posiada 256 stacji. Przewozi rocznie ponad 1 mld pasażerów.

Aż do XIX w. drążenie tuneli metra lub premetra wykonywano metodami górniczymi, które w zależności od warunków górniczo-geologicznych panujących w poszczególnych rejonach Europy i świata istotnie różniły się pomiędzy sobą. W Europie metody górnicze wzięły swoje nazwy od krajów, w których je stosowano, stąd mamy nazwy górniczych metod: belgijską, niemiecką, włoską, angielską, paryską. W połowie XX w. pojawiły się tzw. metody konwencjonalne: nowa austriacka metoda budowy tuneli, norweska metoda budowy tuneli. Przy ich opracowaniu korzystano z najnowszych osiągnięć naukowych mechaniki skał, mechaniki gruntów, geologii inżynierskiej, a także rozwiązań nowoczesnej techniki górniczej i doświadczeń pozyskanych podczas drążenia i obudowy licznych tuneli (zebranych i umieszczonych w bibliotece Terzaghięgo).

Pełnoprzekrojowe maszyny do tunelowania (*Tunnelling Machines – TM*) pojawiły się stosunkowo niedawno – w XX w. Maszyny do tunelowania dzielą się na maszyny tarczowe z wykorzystaniem do osłony tarcz z częściową lub pełną mechanizacją operacji (*Shield Machines – SM*) oraz maszyny wierzące (*Tunnel Boring Machine – TBM*).

Drążenie za pomocą tarczy różni się od drążenia TBM. Tarcza to stalowa rura wciskana w skałę, która następnie wewnątrz rury jest w różny sposób urabiana. TBM posiada obrotową głowicę, która urabia na całym przekroju poprzecznym tunelu. Tarcze pojawiły się na początku XX w. Natomiast w 1956 r. James S. Robbins zbudował pierwszą maszynę wierzącą tunele

(TBM) w skałach o średniej wytrzymałości, która przyniosła sukces handlowy. Od tego czasu nastąpił burzliwy rozwój TBM o coraz większych średnicach i ciężarze. Niedawno pojawiły się maszyny TBM z tarczami, nazywane są w skrócie TBMS (*Tunnel Boring Machines with shield*), czyli nastąpiło połączenie tarczy i TBM. Jeszcze do niedawna największa tarcza wiertnicza o mocy 3,5 MW miała średnicę 14,2 m i została z powodzeniem wykorzystana do drążenia tunelu pod rzeką Elbą w Hamburgu w Niemczech. Budowane są już tarcze wiertnicze o średnicach ponad 19 m.

W Polsce wśród decydentów panuje opinia, że koszt budowy infrastruktury podziemnej, w tym metra i premetra, jest bardzo wysoki i uzyskane zyski z inwestycji nie pokrywają kosztów. Ten pogląd nie jest prawdziwy, bowiem koszt budowy infrastruktury podziemnej zależy od wielu czynników, w tym głównie od budowy geologicznej masywu skalnego, warunków hydrogeologicznych, własności fizyko mechanicznych skał, głębokości posadowienia budowli podziemnej, wymiarów budowli, sposobów jej drążenia, rodzaju obudowy, lokalizacji szczególnie gęstości i rodzaju zabudowy występującej na powierzchni zabudowy.

Wykonywanie budowli podziemnej w skałach o niskich parametrach wytrzymałościowych lub gruncie, dodatkowo zawodnionych, kilka razy zwiększa koszty jej wykonania w porównaniu do realizowanych w skałach o wysokich parametrach wytrzymałościowych. W 2008 r. dwie uczelnie amerykańskie przeprowadziły badania kosztów budowy metra na bazie kilkunastu zrealizowanych inwestycji. W wyniku analizy stwierdzono, że porównanie rzeczywistych kosztów budowy metra w różnych miastach jest niezwykle trudne, praktycznie niemożliwe ze względu na różne warunki geologiczno-techniczne (źródło <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1303/1303.6569.pdf>).

Poniżej podano kilka realizacji metra podziemnego drążonego w różnych warunkach geologicznych. Część premetra w Bilbao była drążona w wapieniu, wykonano cztery stacje i średni koszt tej inwestycji był stosunkowo niski, bo wynosił 130 mln zł za 1 km. W Kopenhadze wykonano premetro o długości 21 km, którego połowa biegnie po powierzchni terenu, a druga połowa pod ziemią w skałach wapiennych. Średni koszt jego wykonania wynosił 210 mln zł za 1 km. W skałach o średnich parametrach wytrzymałościowych i mocnych, słabo zawodnionych gruntach wykonywano metra lub premetra w Madrycie, Sofii, Bukareszcie, Lyonie i średni koszt drążenia 1 km wahał się od 160 mln zł do 220 mln zł. Ale już metro w Barcelonie, drążone w słabych, zawodnionych gruntach, kosztowało średnio 580 mln zł za 1 km. Podobnie II odcinek części centralnej metra warszawskiego, który był drążony w bardzo słabych, zawodnionych gruntach, kosztował średnio ok. 670 mln zł za 1 km.

Mikrotunelowanie

To najnowocześniejsza metoda bezwykopowej budowy rurociągów i przeprowadzenia różnego rodzaju przewodów. Metoda ta wychodzi naprzeciw utrudnieniom, jakie towarzyszą budowie uzbrojenia sposobem tradycyjnym (rozkopane ulice, objazdy, obniżenie poziomu wód gruntowych, wycinka drzew). Wykorzystanie mikrotunelingu oznacza znaczące ograniczenie ingerowania w zagospodarowanie terenu oraz zmniejszenie do minimum oddziaływania na środowisko. Do zalet metody mikrotunelingu należy zaliczyć: zminimalizowanie skali robót

Tab. 2. Przyrost ludności świata od 1000 r.

Rok	1000	1800	1850	1900	1950	2000	2015	2050
Liczba ludności świata [mld]	0,33	0,98	1,26	1,65	2,52	6,07	7,21	8,92

ziemnych, precyzję wykonania kolektora dzięki laserowemu sterowaniu głowicą maszyny, możliwość realizacji robót nawet przy wysokim poziomie wody gruntowej, zmniejszenie do zera ingerencji w istniejące zagospodarowanie terenu i środowisko naturalne, brak utrudnień w ruchu ulicznym, możliwość realizacji robót niezależnie od warunków atmosferycznych, skrócenie czasu wykonywania robót, możliwość wykonania kolektorów o wszystkich średnicach – od 200 do 3000 mm.

Do przeciskania przewodów o mniejszej średnicy służą pneumatyczne krety. Polska była pionierem w ich budowie. Na Politechnice Gdańskiej prawie 50 lat temu profesorowie Tadeusz Gerlach i Kazimierz Zygmunt skonstruowali pierwszego na świecie pneumatycznego kreta o nazwie Max 130.

Dla kabli i rurociągów o większych średnicach rozwinęła się technika przedwiertów sterowanych. W Polsce rekordowym wydarzeniem było przekroczenie Martwej Wisły rurociągiem o średnicy 1200 mm i długości 520 m.

Podziemna działalność gospodarcza

Pod centrami niektórych miast powstają podziemne miasta, kwitnie w nich życie gospodarcze, społeczne i kulturalne. W podziemnych ogromnych komorach i tunelach znajdują się restauracje, kina, sklepy, galerie, a także magazyny, garaże, parkingi. Przykładem takiego miasta jest Houston. Wszystkie ważniejsze budynki centrum Houston są połączone ze sobą siecią tuneli podziemnych. Możliwe jest przejście z jednego końca miasta na drugi bez narażania się na palące promienie teksaskiego słońca. Amerykanie twierdzą, że jest to największy na świecie podziemny kompleks tuneli i komór pod centrum miasta. Sumaryczna długość tuneli wynosi ponad 10 km i cały czas rośnie. Początki budowy datują się na lata 30. XX w. W bezpośrednim sąsiedztwie Kansas City znajduje się Subtropolis, największy na świecie podziemny park przemysłowy o powierzchni ponad 400 ac (162 ha) z powierzchnią biurową wynoszącą ok. 42 ha. Subtropolis zlokalizowano w starej kopalni wapienia. Eksploatacja wapienia odbywała się systemem filarowo-komorowym, zatem pomiędzy filarami znajdują się komory o znacznych wymiarach. Podłoga jest wybetonowana, strop jest na wysokości ok. 5 m. W komorach tych jest całkowicie sucho, a temperatura jest stała przez cały rok i wynosi ok. 21°C. Panują idealne warunki dla funkcjonowania przedsiębiorstw.

Parkingi i garaże podziemne

W większości nowoczesnych miast świata buduje się często wielopoziomowe podziemne parkingi i garaże. Dla przykładu, w bezpośrednim sąsiedztwie opery w Sydney, znanej z przepięknego rozwiązania architektonicznego, znajduje się 11-poziomowy parking samochodowy. Wjeżdża się do niego tunelem. Natomiast goście po zaparkowaniu samochodów wchodzą do dolnego hallu opery podziemnym pasażem. Często buduje się podziemne parkingi pod starymi, niezwykle cennymi zabytkami, centrami miast, nie wyrażając obaw o uszkodzenie tych budowli. Piszę o tym dlatego, że w Polsce ciągle spotykam

Tab. 3. Przyszłe megametropolie

Miasta	Metropolie (2000) [mln mieszkańców]	Megametropolie (2025) [mln mieszkańców]
Tokio	11,9	30
São Paulo	10,4	30
Rio de Janeiro	9,6	30
Szanghaj	13,5	25
Meksyk	20,2	25
Pekin	10,6	20
Nowy Jork	21,1	20
Dżakarta	7	20

się z opiniami, że pod cennymi zabytkowymi centrami miast nie należy budować z obawy przed możliwymi zniszczeniami budowli znajdujących się na powierzchni (np. w Krakowie nikt nie wyobraża sobie budowy parkingu pod krakowskim Rynkiem w sąsiedztwie Sukiennic). Tymczasem wybudowano parkingi w bezpośrednim sąsiedztwie Watykanu, w Paryżu pod ratuszem i Luwrem, pod Bundestagiem w Berlinie, pod zabytkowym centrum Pragi, starą szkołą w Sztokholmie, pod centrum Helsinek (o powierzchni 3,1 ha). Zwykle łączy się podziemny parking z siecią tuneli, którymi można się dostać się wprost na wybrane miejsce.

Przy budowie nowych wolno stojących budynków coraz częściej buduje się parkingi i garaże podziemne dla ich mieszkańców lub użytkowników. To już od pewnego czasu stanowi standard. Problem pojawia się, jeżeli budynki zostały wybudowane jakiś czas temu i ta zabudowa jest gęsta. Nie wszyscy chętni mają możliwość zaparkowania. Dla przykładu, każdemu kierowcy mieszkającemu w Krakowie lub przyjeżdżającemu do tego miasta znana jest gorycz długotrwałego poszukiwania miejsca do parkowania w pobliżu centrum. Jedynym rozwiązaniem, jakie wymyśliły władze Krakowa, jest przesuwanie granic stref parkowania coraz dalej od centrum. Ten sposób odsuwania problemu jest rozwiązaniem prowadzącym na manowce. Podobnie rzecz się ma z parkowaniem na krakowskich osiedlach. Nieliczni szczęśliwcy posiadają własne garaże, reszcie automobilistów pozostaje parkowanie pod przysłówkową chmurką, co nie jest korzystne zarówno dla samochodu (wpływ warunków

atmosferycznych), jak i dla jego właściciela (możliwość włamań, kradzieży pojazdu). Problem ten mogą rozwiązać parkingi i garaże podziemne, dostosowane do gęstej zabudowy miast. Parkingi te z reguły mają kształt kołowy lub prostokątny, są wielopoziomowe, a na każdym poziomie w sposób zautomatyzowany za pomocą obrotnic można umieścić kilka samochodów. W standardowym garażu podziemnym o ośmiu poziomach, zautomatyzowanym, o przekroju kołowym (w kształt koła na danym poziomie wpisany jest ośmiokąt z ośmioma garażami) można umieścić 64 samochody.

Megametropolie

W ostatnich dziesięcioleciach liczba ludności świata gwałtownie nieliniowo wzrasta. Od roku 1800 populacja ludzka zwiększyła się ponad siedmiokrotnie, a począwszy od 1900 r., wzrosła czterokrotnie. Największy przyrost ludności nastąpił po 1950 r. (tab. 2).

Równocześnie na skutek rozwoju przemysłu następuje przenoszenie się ludności wiejskiej do miast.

W roku 2020 na świecie będzie ok. 600 miast liczących ponad 1 mln mieszkańców, a ok. 30 będzie liczyć ponad 10 mln mieszkańców. W miejsce metropolii utworzą się megametropolie (tab. 3), a blisko siebie położone kilkumilionowe miasta stopniowo połączą się w jeden organizm miejski nazywany megalopolis.

Megalopolis to najwyższa forma aglomeracji, skupisko szybko rozwijających się dużych miast, połączonych ze znaczną liczbą ośrodków mniejszych, leżących pomiędzy nimi. Już w tej chwili w świecie funkcjonują dwa megalopolis: w USA i Japonii. Największe megalopolis na świecie znajduje się na północno-wschodnim wybrzeżu USA. Ta wielka strefa miejska rozciąga się na przestrzeni kilkuset kilometrów pomiędzy przedgórzem Appalachów a wybrzeżem Oceanu Atlantyckiego. Obejmuje wielkie zespoły miejskie na obszarze stanów Connecticut, Delaware, District of Columbia, Maryland, Massachusetts, New Jersey, Rhode Island, zachodniej części stanów Nowy Jork i Pensylwanii oraz północnej części stanu Wirginia. Stanowi największy wysoko zurbanizowany obszar na świecie. Obejmuje m.in. aglomeracje Nowego Jorku, Bostonu, Waszyngtonu, Baltimore, Hartfordu oraz Filadelfii, skupiając ok. 40 mln mieszkańców.

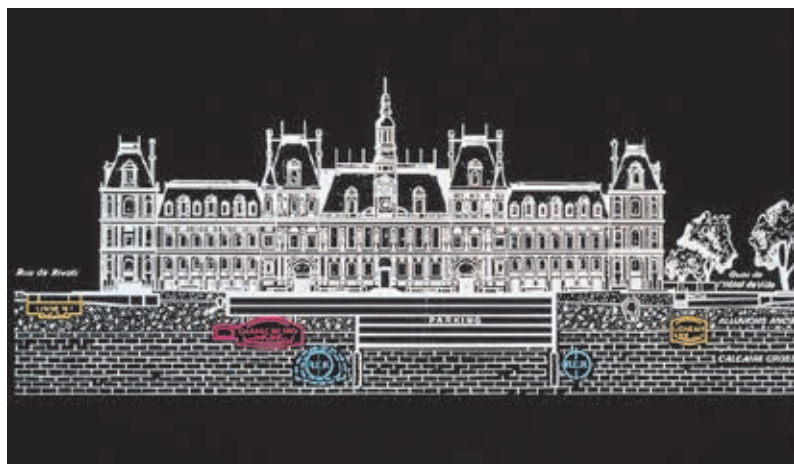
Drugi taki region megalopolis utworzył się w otoczeniu Tokio i oprócz tego miasta obejmuje także gęsto zaludnione regiony (siedem prefektur) i miasta, jak Saitama, Chiba, Kanagawa, Kawasaki, Yokohama. To megalopolis zamieszkuje 33 mln ludzi. W tym regionie w najbliższym czasie są planowane inwestycje za ok. 10 trylionów jenów (czyli więcej niż jedna trzecia polskiego PKB).

Rozwijające się metropolie, megametropolie i megalopolis potrzebują wielu szybkich, dróg transportowych i komunikacyjnych (tunele, metra, premetra), podziemnych miejsc parkingowych, dużej liczby garaży podziemnych, zaopatrzenia w wodę, żywność, energię i towary, rozległych i licznych magazynów na różne rodzaje towarów, rozwiązania pod ziemią problemu odpadów i ich utylizacji, ścieków i redukcji zanieczyszczeń.

Ponadto w okolicy dużych miast pod ziemią coraz częściej umieszcza się obiekty sportowe. Przykładem niech będzie zlokalizowane w Finlandii niedaleko od Kuopio Centrum Sportu Petonena. To podziemny kompleks składający się z lodowiska



Podziemny kompleks sportowy w Kuopio (lodowiska i baseny)



Parking pod ratuszem w Paryżu

i basenów. Baseny odwiedza ok. 120–150 tys. osób rocznie. Na lodowisku są rozgrywane turnieje hokejowe mniejszej rangi, trenują na nim łyżwiarze hokejowi i figurowi. Oprócz tego kompleks służy także jako schron. Podobny obiekt sportowy z największą na świecie podziemną halą sportową znajduje się w Gjøvik (na głębokości 120 m). W kompleksie tym były rozgrywane mecze hokejowe podczas Zimowych Igrzysk Olimpijskich w Lillehammer (Norwegia) w 1994 r.

Zaczyna się też nowa moda na budowanie podziemnych hoteli. W Australii są podziemne hotele zlokalizowane w starych wyrobiskach po kopalniach opali, podobnie w USA (w Las Vegas) czy w Chinach (w górach Tianmen).

W tym krótkim artykule został tylko zarysowany problem budownictwa podziemnego i jego wpływu na nowoczesne miasta. Wśród naukowców zajmujących się rozwojem infrastruktury miejskiej panuje przekonanie, że bez zagospodarowania przestrzeni podziemnej prawidłowy rozwój miast jest niemożliwy. Najładniej ujął to jeden z najwybitniejszych naukowców zajmujących się mechaniką skał, Charles Fairhurst, przewodniczący International Society for Rock Mechanics, mówiąc: „We have to go underground to stay on the top!”.

