

Wykorzystanie przestrzeni podziemnej w rozwoju miast

tekst: **prof. dr hab. inż. ANNA SIEMIŃSKA-LEWANDOWSKA**, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

Dotychczas głównym czynnikiem lokowania inwestycji w miejskiej przestrzeni podziemnej były cele komunikacyjne (zbiorowy transport miejski) lub konieczność budowy wielopoziomowych parkingów powiązanych z biurami, hotelami czy dużymi centrami handlowymi. Obecnie projektuje się pięć, a nawet sześć kondygnacji podziemnych przeznaczonych na garaże oraz wyposażenie techniczne (zbiorniki przeciwpożarowe, podszybia windowe, magazyny) budynków wysokościowych.

Wykorzystanie przestrzeni podziemnej w rozwoju miast zarówno w aspekcie urbanistycznym, jak i polityki transportowej, ochrony środowiska czy zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków wynika z następujących faktów:

- w 2050 r. (zaledwie za 31 lat) w miastach będzie żyło ok. 6 mld ludzi;
- 70% ludności świata będzie mieszkało na terenach zurbanizowanych;
- szybka urbanizacja jest obecnie największym wyzwaniem dla planistów, architektów, inżynierów budowlanych;
- wykorzystanie miejskiej przestrzeni podziemnej stanie się w najbliższym czasie jedynym słusznym rozwiązaniem pozwalającym na funkcjonowanie miasta;
- konieczne jest budowanie coraz głębiej części podziemnych budynków, infrastruktury komunikacyjnej i technicznej.

Transport miejski to przede wszystkim metro, ale też tunele drogowe lub tramwajowe. W Polsce jedynym miastem, gdzie funkcjonują dwie linie metra, jest Warszawa, mimo że historia jego budowy sięga lat 30. XX w. Wzorem Warszawy planuje się budowę metra w Krakowie i Wrocławiu, a w Łodzi powstaje podziemna linia kolejowa zapewniająca tranzyt pod miastem z nowo wybudowanego dworca podziemnego Łódź Fabryczna do stacji Łódź Kaliska i Łódź Żabieniec.

Na świecie najlepszym przykładem wykorzystania przestrzeni podziemnej do celów ciągle rozwijanego transportu miejskiego są w Europie Londyn i Paryż, a poza nią miasta azjatyckie, takie jak Singapur, Seul czy Tokio.

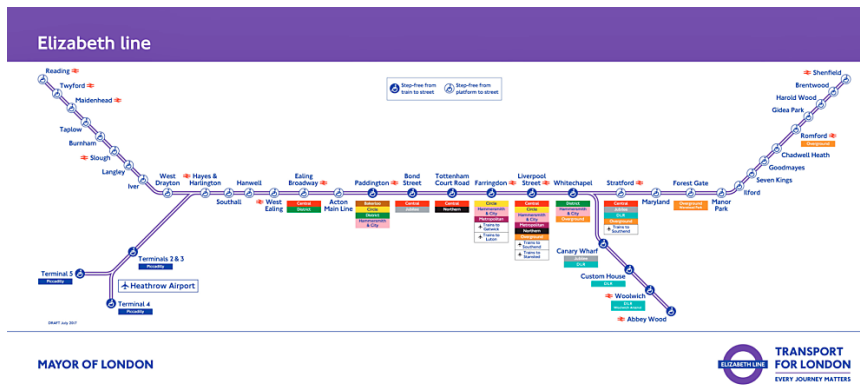
W Londynie powstała linia tranzytowa Crossrail, obecnie nazywana Elisabeth Line (ryc. 1 i 2). Linia ta łączy północne i południowe przedmieścia wschodniego i zachodniego Londynu z centrum miasta, w tym zapewnia ekspresowe połączenie z lotniskiem Heathrow. Ze względu na układ miasta ma ona ponad 100 km długości. W części centralnej przebiega poniżej istniejącej sieci metra, łącząc się z nią na kilku wybranych, kluczowych z punktu widzenia natężenia ruchu pasażerskiego stacjach (np. Paddington, Tottenham Court Road czy Canary Wharf). Prace przygotowawcze i projektowe rozpoczęły się w 2009 r. W latach 2012–2015 wydrążono 42 km nowych tuneli i zbudowano 10 nowych stacji. Tunele drążono ośmioma tarczami zmechanizowanymi TBM typu EPB o średnicy 6,5 m. Stacje budowano metodami odkrywkowymi, nierzadko pod gęsto zabudowanymi ulicami (ryc. 3).

Jak widać, Londyn, w którym funkcjonuje najstarsze metro na świecie (od 1863 r.), nadal inwestuje w przestrzeń podziemną i raz rozpoczęta budowa i eksploatacja sieci metra trwa nieprzerwanie. Obecnie całkowita długość sieci metra londyńskiego to 402 km, 270 czynnych stacji i ok. 1,4 mld pasażerów rocznie. Nowa linia zapewni dojazd z lotniska Heathrow do centrum miasta (stacja Paddington) w 45 minut.

Kolejnym miastem, które od 1900 r. stale rozbudowuje i modernizuje podziemny system transportu, jest Paryż. Pierwsze linie metra pokrywały swoim zasięgiem tylko centralną część aglomeracji (na rycinie 4 zarys oznaczony kolorem



Ryc. 1. Równoleżnikowy układ aglomeracji Londynu i obszar objęty oddziaływaniem nowej linii tranzytowej, źródło: www.crossrail.uk



Ryc. 2. Plan Elisabeth Line (Crossrail), źródło: www.crossrail.uk

ciemnozielonym), następne linie – RER (Reseau Express Regional) – widoczne na rycinie 4, a zaznaczone kolorowymi liniami, połączyły dalekie przedmieścia z kilkoma kluczowymi stacjami centralnymi (Étoile, Auber, Châtelet i Nation). Mimo to w czerwcu 2015 r. rozpoczęto prace przy budowie szybów startowych dla 12 maszyn TBM, które będą drążyć tunele linii Grand Paris Express. Jest to największa inwestycja w podziemną infrastrukturę miejską w Europie o wartości ponad 32,5 mld €, przewidziana do realizacji w latach 2016–2030. Celem budowy trzech pętli nowego systemu głębokiego metra jest:

- bezpośrednie połączenie głównego paryskiego lotniska Roissy-Charles de Gaulle z pozostałymi Le Bourget i Orly oraz z centrum miasta – stacja Châtelet (ryc. 5 – linia niebieska),
- zapewnienie komunikacji obwodowej pomiędzy dzielnicami biznesu i centrum akademickim (ryc. 5 – linia czerwona),
- usprawnienie komunikacji obszarów dotychczas zaniedbanych komunikacyjnie (ryc. 5 – linia zielona).

Zaplanowano budowę 200 km linii, z czego 85% w tunelach, oraz wykonanie metodami odkrywkowymi – metodą stropową – 68 nowych stacji. Budowa jest olbrzymim wyzwaniem technicznym. Konieczne jest wykonanie szybów startowych i odbiorczych o głębokości nawet 60 m. Przewiduje się 43 mln t urobku wydobytego tarczami EPB, który trzeba wywieźć i zutylizować. Na stronie tej inwestycji (www.societedugrandparisi.fr) codziennie pojawia się komunikat o bieżących działaniach, a także oferta pracy dla ok. 190 specjalistów z zakresu inżynierii lądowej i budownictwa podziemnego.

Linia metra będzie całkowicie zautomatyzowana, co znacznie zwiększy średnią prędkość przejazdu. Dzięki trzem pętlom będzie możliwość szybkiego tranzytu przez Paryż, dogodny i szybki codzienny dojazd do i z miejsc pracy oraz łatwiejsza dostępność miejsc nauki, kultury, wypoczynku. Jednym z założeń budowy nowej linii, podobnie jak w Londynie, jest znaczne ograniczenie wjazdu samochodów osobowych do miasta, zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza i ograniczenie hałasu, a więc wykorzystanie przestrzeni podziemnej jako elementu zrównoważonego rozwoju.

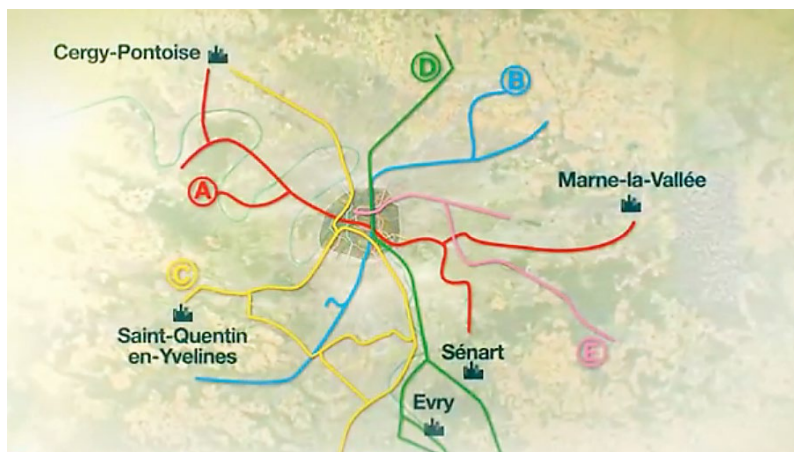
Władze Paryża spodziewają się, że dzięki budowie nowych stacji i linii powstaną zupełnie nowe dzielnice, zapewniające szeroki wachlarz lokali biurowych i mieszkań na wynajem w odpowiedzi na coraz większe potrzeby regionu paryskiego.

Dla nas najlepszym przykładem aktywizacji urbanistycznej i biznesowej miasta jest warszawska Wola, gdzie po wybudowaniu II linii metra i stacji Rondo Daszyńskiego wokół powstało zupełnie nowe centrum biurowców i apartamentowców oferujących każdej wielkości powierzchni biurowe i mieszkalne. Należy się spodziewać, że po zakończeniu całej II linii nastąpi dynamiczny rozwój, dotychczas będących na uboczu, dzielnic Targówek i Bródno na wschodzie oraz Ursus i Bemowo na zachodzie.

Oprócz podziemnego transportu miejskiego typu metro, przestrzeń podziemną miasta wykorzystuje się ostatnio do sprowadzania pod ziemię tranzytowego ruchu drogowego. Przykładem mogą tu być Big Dig Project w Bostonie, Alaskan Highway tunnel w Seattle lub M30 tunnel w Madrycie czy też nasz skromny tunel Wisłostrady w Warszawie. Wspólnym mianownikiem tych przedsięwzięć jest sprowadzenie intensywnego ruchu drogowego do tuneli biegnących pod miastem i wykorzystanie terenu na powierzchni na cele rekreacyjne, kultury i nauki.



Ryc. 3. Jedna ze stacji Elisabeth Line zbudowana pod istniejącą zabudową i ulicą o dużym natężeniu ruchu, źródło: www.crossrail.uk



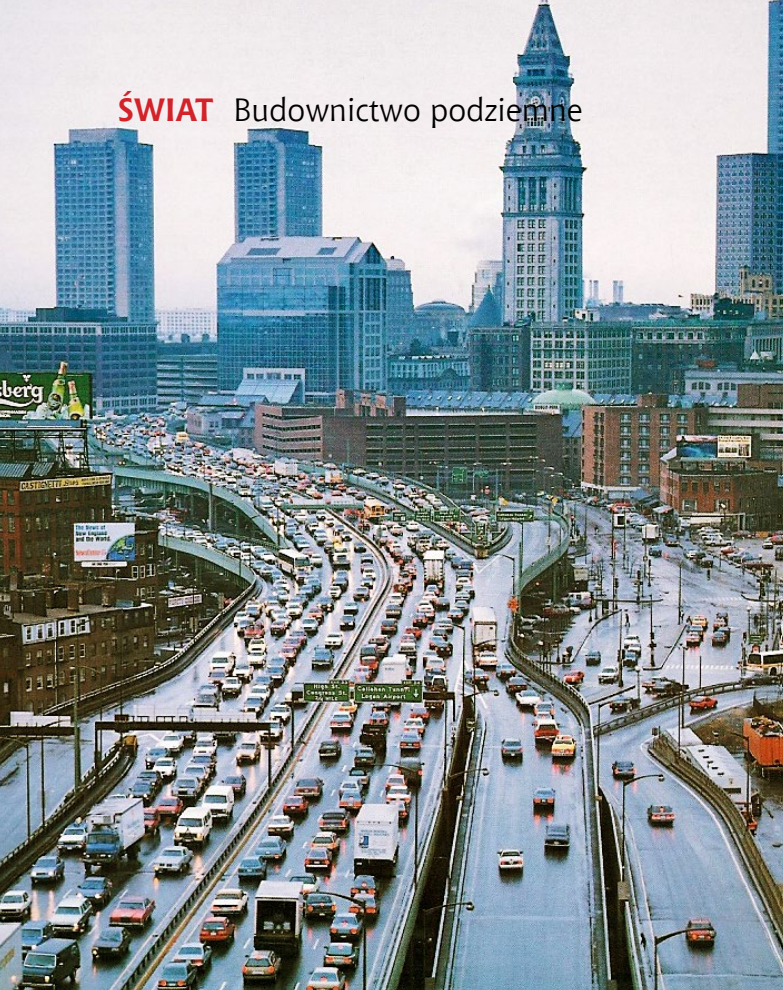
Ryc. 4. Układ sieci metra w Paryżu wraz z zaznaczonymi kolorowo liniami RER, źródło: www.societedugrandparisi.fr



Ryc. 5. Plan linii Grand Paris Express, źródło: www.societedugrandparisi.fr

Ryc. 6. Tarcza typu EPB o średnicy 12 m wyprodukowana do budowy linii RER Eole (zaznaczonej kolorem różowym na ryc. 4), fot. A. Siemińska-Lewandowska



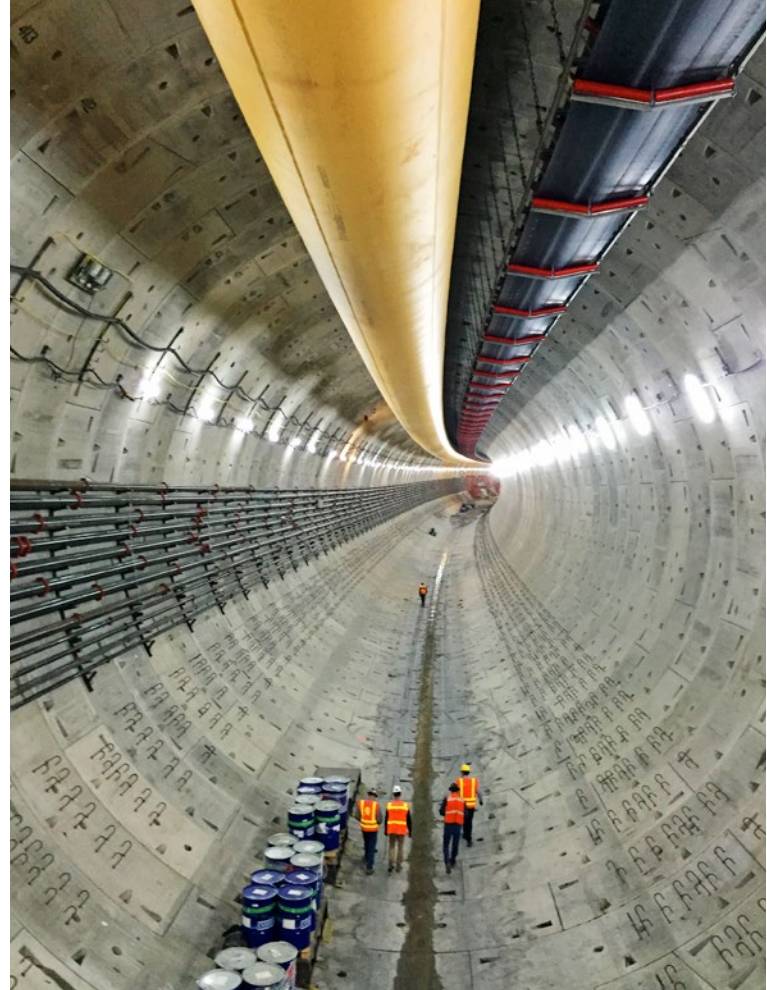
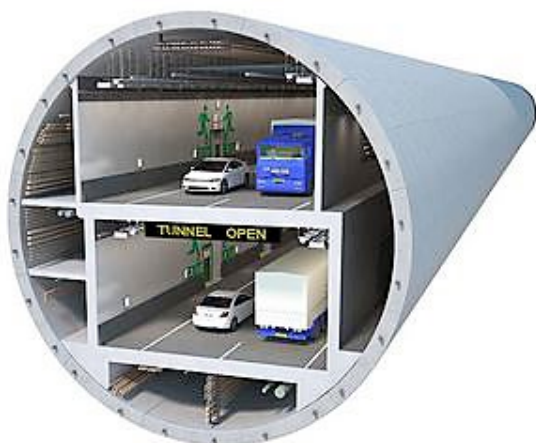


Ryc. 7. Interstate 93 w Bostonie przed wybudowaniem tunelu, źródło: https://www.roadtraffic-technology.com/projects/big_dig/



Ryc. 8. To samo miejsce po wybudowaniu tunelu i urządzeniu na powierzchni parku, źródło: https://www.roadtraffic-technology.com/projects/big_dig/

Ryc. 9. Przekrój poprzeczny tunelu Alaskan Way, źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Alaskan_Way_Viaduct_replacement_tunnel



Ryc. 10. Wnętrze tunelu Alaskan Way podczas budowy, fot. z archiwum A. Siemińskiej-Lewandowskiej

W Bostonie główną arterią tranzytową – Interstate 93 (I-93) o kilku pasach ruchu w każdym kierunku (ryc. 7) i przecinającą centrum miasta – zastąpiono tunelem o długości 2,4 km. Tunel budowano metodą odkrywkową, berlińską, i być może dlatego była to najdroższa inwestycja tego typu w USA – budowa trwała od 1991 r. i miała być ukończona w 1998 r. W efekcie oddano ją do eksploatacji w 2007 r. po kilkukrotnym przekroczeniu budżetu (z 2,8 mld do 8,8 mld USD). Na powierzchni terenu urządzono park (ryc. 8).

Największa obecnie pracująca maszyna TBM na świecie wydrążyła tunel drogowy w Seattle na trasie Alaskan Way. Do 2001 r. intensywny ruch drogowy o natężeniu ok. 110 tys. pojazdów na godzinę był prowadzony wiaduktem, który został zniszczony właśnie w 2001 r. w wyniku silnego trzęsienia ziemi. Władze miasta początkowo podjęły decyzję o odbudowie wiaduktu, co spotkało się z protestami ze strony mieszkańców oraz ekologów. Kolejny projekt zakładał budowę płytkiego tunelu, podobnie jak w Bostonie metodami odkrywkowymi. Oznaczało to dezorganizację życia miasta i transportu publicznego przez wiele miesięcy. Ostatecznie w 2009 r. zdecydowano o budowie tunelu głębokiego, drążonego tarczą zmechanizowaną TBM. Ze względu na wymagania komunikacyjne konieczne było poprowadzenie trzech pasów ruchu w każdym kierunku. Dlatego zaprojektowano w przekroju poprzecznym tunelu dwa poziomy (ryc. 9) z kanałami technicznymi pod dolną jezdnią. Średnica wewnętrzna tunelu wynosi 16 m (ryc. 10), średnica maszyny o imieniu Bertha – 17,4 m (ryc. 11). Całkowita długość tunelu to 2830 m. Drążenie rozpoczęto w lipcu 2013 r., a tunel oddano do eksploatacji w lutym 2019 r.

Należy podkreślić, że mimo bardzo wysokich kosztów wykorzystania przestrzeni podziemnej miasta do celów komunikacji

drogowej podjęto decyzję o budowie tuneli. Uznano takie działania za opłacalne nie w aspekcie kosztów bezpośrednich, ale w perspektywie korzyści wieloletnich i zysków społecznych, ekologicznych i wielu innych, związanych z innym niż transport przeznaczeniem terenów miejskich.

Warszawski tunel Wisłostrady podczas realizacji był krytykowany – uznano za rozrzutność budowę tunelu wzdłuż rzeki (mimo wielu tego typu rozwiązań w innych miastach europejskich, jak Wiedeń, Paryż czy inne). Obecnie nad tunelem (ryc. 12) jest znane w całym kraju i licznie odwiedzane Centrum Nauki Kopernik, Muzeum Sztuki Nowoczesnej, a bulwary wiślane są dostępne dla publiczności – miasto zbliżyło się do rzeki.

Przestrzeń podziemna miasta jest również często wykorzystywana do ruchu pieszego. Mimo że w naszym kraju obserwuje się ostatnio odwrót od skrzyżowań dwupoziomowych (przebieg podziemnych czy kładek dla pieszych) i powrót do sygnalizacji świetlnej na dużych skrzyżowaniach (np. okolice dworca Centralnego w Warszawie), to na świecie buduje się wiele podziemnych ciągów pieszych dla ochrony przed zimmem lub upałem i opadami nawałnymi tropikalnych deszczy.

Pomimo niewielkiej populacji Finlandii, Norwegii czy Szwecji w dużych miastach tych krajów można poruszać się podziemnymi korytarzami od stacji kolejowych, metra do centrów handlowych, kin, hal sportowych czy mieszkań, nie wychodząc na powierzchnię terenu i uciekając w ten sposób od chłodu, śniegu i mrozu (ryc. 13–17). System ten wymaga odpowiedniego oświetlenia, ogrzewania i kolorystyki z uwagi na brak światła dziennego i słońca przez większą część roku. Dlatego w niektórych miejscach lokuje się doświetlone specjalnym światłem miejsca relaksu, np. śpiące pod palmą króliki arktyczne.

Poza granicami Starego Kontynentu warto spojrzeć na kraje Dalekiego Wschodu oraz Ameryki Południowej. W megacities przestrzeń podziemna jest wykorzystywana do coraz większej głębokości. Oprócz funkcji typowo użytkowej, związanej z mieszkalnictwem, pod poziomem terenu lokuje się transport, magazyny paliw płynnych czy infrastrukturę chroniącą przed skutkami klęsk żywiołowych, głównie powodzi, sztormów lub fal tsunami (Tokio, Hongkong, Kuala Lumpur lub Bangkok). W gęsto zaludnionych miastach strefy tropikalnej sytuowanie pod poziomem terenu ruchu pieszego, dużych powierzchni handlowych i sal konferencyjnych chroni przed wysoką temperaturą lub opadami deszczu.

Mistrzami w wykorzystaniu przestrzeni podziemnej miasta są władze Hongkongu. Dlatego w 2017 r. projekt dotyczący budowy systemu podziemnych komór w skałach tworzących podłoże Hongkongu został nagrodzony ITA Award. Brak miejsca na powierzchni terenu zmusza do schodzenia coraz głębiej pod ziemię z transportem drogowym, metrem, miejscami do składowania, magazynami, a nawet kolumbariami.

Inny sposób wykorzystania miejskiej przestrzeni podziemnej to adaptowanie istniejącej infrastruktury, np. poprzemysłowej, dla potrzeb kultury, sztuki czy edukacji. Wyśmienitymi przykładami tego typu rozwiązania jest Muzeum Sztuki w Katowicach znajdujące się pod ziemią, na terenie dawnej kopalni węgla kamiennego, muzeum Rynek Podziemny pod Sukiennicami w Krakowie, a także elementy Centrum Nauki i Techniki EC1w zrewitalizowanych zabudowaniach stuletniej Elektrowni Łódzkiej.



Ryc. 11. Maszyna TBM EPB o średnicy 17,4 m – widok w szybie startowym przed rozpoczęciem drążenia tunelu Alaskan Way, fot. z archiwum A. Siemińskiej-Lewandowskiej



Ryc. 12. Warszawski tunel Wisłostrady, nad nim Centrum Nauki Kopernik i Muzeum Sztuki Nowoczesnej, fot. A. Siemińska-Lewandowska



Ryc. 13. Stacja metra w Helsinkach, fot. A. Siemińska-Lewandowska

Ryc. 14. Przejście podziemne dla pieszych w kierunku podziemnego parkingu w Helsinkach, fot. A. Siemińska-Lewandowska





Ryc. 15. Przejście podziemne dla pieszych w kierunku centrum handlowego w Helsinkach, fot. A. Siemińska-Lewandowska

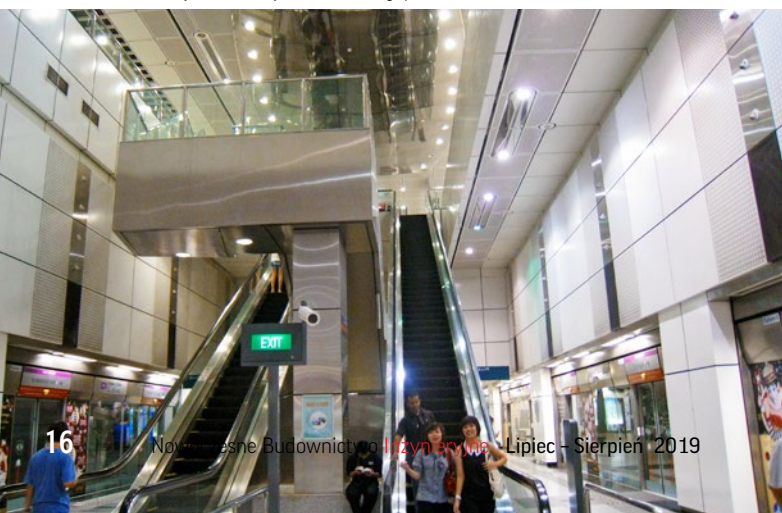


Ryc. 16. Podziemny parking w Helsinkach, fot. A. Siemińska-Lewandowska



Ryc. 17. Miejsce relaksu na stacji metra w Helsinkach, fot. A. Siemińska-Lewandowska

Ryc. 18. Stacja metra w Singapurze, fot. A. Siemińska-Lewandowska



Ryc. 19. Nagroda ITA Award 2017 za innowacyjną koncepcję wykorzystania przestrzeni podziemnej w Hongkongu, źródło: <https://awards.ita-aites.org/previous/2017/proceedings>



Ryc. 20. Forum des Halles w Paryżu, źródło: www.ita-aites.org/committees/itacus

Powstają też śmiałe projekty, które z założenia lokują duże fragmenty obiektów pod poziomem terenu. Najbardziej spektakularnymi przykładami są Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku, którego prawie cała kubatura znajduje się w głębokim wykopie, oraz Centrum Dialogu Przełomy w Szczecinie, które zdobyło tytuł Budynku Roku 2016 na World Architecture Festival w Berlinie.

W obszarze budownictwa infrastrukturalnego dobrym przykładem jest ostatnio oddany do eksploatacji podziemny dworzec Łódź Fabryczna. Wybudowano go w wykopie o głębokości 18 m, a perony kolejowe znajdują się na najniższym poziomie dworca.

Innym zagadnieniem jest wykorzystywanie istniejącej zabytkowej tkanki miejskiej i jej przebudowa związana ze zmianą funkcji obiektu (np. hotel, apartamentowiec) i pogłębianiem piwnic, tak aby stworzyć miejsca parkingowe lub dodatkową powierzchnię, np. na cele rekreacji (basen, siłownie itp.).

Problem coraz większego braku miejsca na powierzchni terytoriów miast dostrzega ONZ, który w ramach programu *UN-Habitat* prowadzi ogólnoświatową kampanię *Better city, better life*, co w wolnym tłumaczeniu oznacza, że im lepsza organizacja miasta, tym lepsza w nim jakość życia. W te działania wpisuje się również Międzynarodowe Stowarzyszenie Budowy Tuneli i Przestrzeni Podziemnej ITA-AITES, które powołało specjalny komitet ITACUS (ITA Committee on Underground Space), propagujący zrównoważony rozwój miast i wykorzystanie w tym rozwoju przestrzeni podziemnej. Więcej informacji na ten temat można znaleźć pod adresem www.ita-aites.org/committees/itacus.





Organizatorzy:

Polska Fundacja Techniki Bezwykopowych,
Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki
i Energetyki oraz Wydział Budownictwa
i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej,
Wod-Kan Consulting, nbi med!a

IX Międzynarodowa Konferencja

Technologie Bezwykopowe NO-DIG POLAND

NDP 2020

22-24 kwietnia 2020 r.

Kraków, Hotel Novotel Kraków City West



Nowe
miejsce
i formuła!

WARSZTATY
22.04.2020

KONFERENCJA
23-24.04.2020

Dowiedz się więcej na
www.nodigpoland.pl

