

Antoni MOTYCZKA  
Politechnika Śląska, Gliwice  
Artur NOGA  
Zakład Robót Specjalnych Budowlanych, Rydułtowy

## BUDOWA MIEJSKIEJ INFRASTRUKTURY PODZIEMNEJ W TUNELACH WIELOPRZEWODOWYCH JAKO ZABEZPIECZENIE PRZED SZKODAMI GÓRNICZYMI

**Streszczenie.** W artykule zaproponowano wykorzystanie tuneli wieloprzewodowych w budownictwie uzbrojenia podziemnego na terenach z wpływami eksploatacji górniczej. Czynnikiem podnoszącym odporność sieci infrastruktury miejskiej umieszczonej pod ziemią jest brak powiązania jej z gruntem ulegającym wpływom szkód górniczych. Obserwacja zachowania się wykonanych kanałów i tuneli dowodzi ich stabilności, nawet na terenach V kategorii szkód górniczych.

## BUILDING OF THE CITY UNDERGROUND INFRA – STRUCTURE IN MULTIPLE – LINE TUNNELS AS A PROTECTION AGAINST MINING DAMAGES

**Summary.** In the article we can find a proposal of using multiple-line tunnels in building underground infra-structure on areas effected by mining exploitation. Absence of the connection between system of the city underground infra-structure and the ground effected by mining damages is the factor raising immunity of the system. Maintenance inspections of the built ducts and tunnels prove theirs stability even on areas with V category mining damages.

### 1. Wprowadzenie

W referacie przedstawiono doświadczenia autora przy budowie małych tuneli wykonywanych metodą górniczą, służących jako przepusty, tunele dla kanalizacji oraz tunele wieloprzewodowe. Referat składa się z pięciu rozdziałów, z których drugi przedstawia poglądy autora na temat potrzeby przenoszenia uzbrojenia podziemnego do tuneli

wieloprzewodowych oraz wytyczne Ministra Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska, dotyczące budowy tuneli wieloprzewodowych. Następna część prezentuje metody wykonania małych tuneli dla przewodów podziemnych. W części czwartej przedstawiono wpływy eksploatacji górniczej na tunele i ich odporność. Ostatnią część stanowią wnioski.

## 2. Charakterystyka sieci urządzeń podziemnych

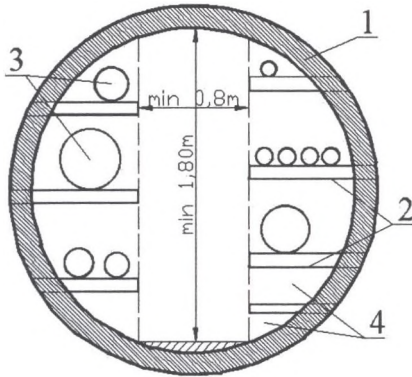
Zastosowanie na terenach górniczych budownictwa wieloprzewodowego jest niewątpliwie profilaktyką ograniczającą wpływy eksploatacji górniczej na sieci urządzeń podziemnych. Obiekty podziemne są znacznie bardziej odporne na wpływy eksploatacji górniczej od obiektów powierzchniowych. Wynika to z ich budowy. Są to, co prawda, obiekty liniowe, ale ze względu na technologię wykonania, wzdłuż swojej długości są podzielone na fragmenty o długości ok. 3 m. W dalszej części referatu przedstawiono technologie, które to opisują. Wymiary poprzeczne tuneli mieszczą się w zakresie do 7 m<sup>2</sup>, czyli są obiektami małymi, a w związku z tym wpływ eksploatacji na nie jest nieznaczny.

Infrastruktura podziemna jest pojęciem szerokim, obejmuje wszelkie obiekty podziemne, służące dostarczeniu do zabudowań różnego rodzaju mediów. Tradycyjnie linie przesyłowe wszelkiego rodzaju prowadzone są w ziemi pod jezdniami i chodnikami. W miastach o starej zabudowie (budynki na styk, wąskie ulice), przy zachowaniu wymaganych odstępów pomiędzy poszczególnymi przewodami, brak jest dostatecznego miejsca na przeprowadzenie wszystkich linii. Szczególne trudności w utrzymaniu sieci powstają w przypadku występowania awarii, gdyż wówczas jakakolwiek naprawa powoduje kłopotliwe utrudnienia w ruchu ulicznym i grozi uszkodzeniem sąsiednich urządzeń przy wykonywaniu wykopów. Wobec takiej perspektywy Samorządy powinny dążyć do systematycznej przebudowy istniejącej sieci urządzeń podziemnych i umieszczania ich w tunelach wieloprzewodowych.

W przypadku terenów nowo zabudowanych powinno się projektować sieci wyłącznie w tunelach wieloprzewodowych.

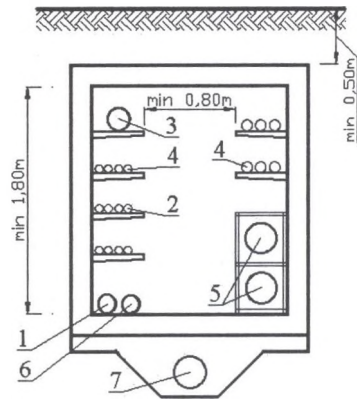
Budowa tuneli wieloprzewodowych jest zagadnieniem znanym od wielu lat. Wychodząc naprzeciw potrzebom unormowania tego rodzaju budownictwa, Minister Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska wydał dnia 13.04.1976 r. Zarządzenie nr 11 w sprawie tymczasowych wytycznych projektowania sieci uzbrojenia podziemnego w kanałach zbiorczych.

Najwygodniejszym sposobem zabudowy nowych sieci uzbrojenia podziemnego i przebudowy sieci już istniejących jest umieszczenie ich w przełazowych tunelach wieloprzewodowych. Zaletami takiego rozwiązania jest zabudowanie w stosunkowo małym i zajmującym niedużą przestrzeń obiekcie przewodów energetycznych, teletechnicznych, ciepłowniczych, wodociągowych, gazowniczych, kanalizacji tłocznej, a nawet, gdy warunki na to pozwalają, kanalizacji grawitacyjnej.



Rys. 1. Tunel wieloprzewodowy – przełazowy o przekroju okrągłym [2]: 1. obudowa tunelu, 2. podparcie przewodów, 3. przewody uzbrojenia podziemnego, 4. przestrzeń rezerwowa

Fig. 1. Multi-line tunnels with round cross-sections and with hatchways: 1. tunnel walling, 2. supports for pipes, 3. pipes of underground utilities, 4. spare space



Rys. 2. Rozmieszczenie sieci uzbrojenia w tunelu prostokątnym [3]: 1. wodociąg, 2. kable energetyczne, 3. przewód gazowy, 4. kable teletechniczne, 5. sieć ciepłna, 6. kanalizacja tłoczna, 7. kanalizacja grawitacyjna

Fig. 2. Deployment of utility networks in a rectangular tunnel: 1. water pipelines, 2. electric power cables, 3. gas pipelines, 4. telecom cables, 5. thermal power pipepines, 6. pressurized wastewater sewers, 7. gravitational sewers

Tunel wieloprzewodowy przełazowy umożliwia nieustanną kontrolę umieszczonych tam przewodów, w razie potrzeby ich naprawę lub wymianę, a gdy zaprojektowano go z przestrzenią zapasową, można w nim zamontować dodatkowe przewody. Wspomniane wcześniej rozporządzenie nr 11, dotyczące tuneli wieloprzewodowych, zaleca projektowanie kanałów zbiorczych płytko posadowionych. W przypadku terenów o zwartej zabudowie i gęstej sieci uzbrojenia podziemnego należy projektować kanały głęboko posadowione. Na rysunkach 1 i 2 pokazano zalecane rozmieszczenia przewodów w przekroju poprzecznym kanału okrągłego i prostokątnego.

### 3. Metody budowy tuneli wieloprzewodowych

W warunkach zabudowy miejskiej do wykonania tuneli wieloprzewodowych można zastosować metodę rozkopową, jednak bardziej nadają się metody bezrozkopowe, w tym mikrotunelowanie, tunelowanie, a szczególnie przecisk, który jest metodą tanią i bezpieczną w wykonawstwie. Przy odległościach kilkudziesięciu metrów pomiędzy studniami dokładność wykonania tunelu metodą przecisku jest wystarczająca. Najdokładniej tunel może być wykonany metodą górniczą, która ma wiele zalet, a między innymi mały plac budowy, co jest szczególnie ważne w warunkach zabudowy miejskiej.

Tunele wieloprzewodowe mogą być wykonane jako:

- rozkop z powierzchni gruntu,
- przecisk hydrauliczny,
- mikrotunelowanie,
- tunelowanie metodami górniczymi.

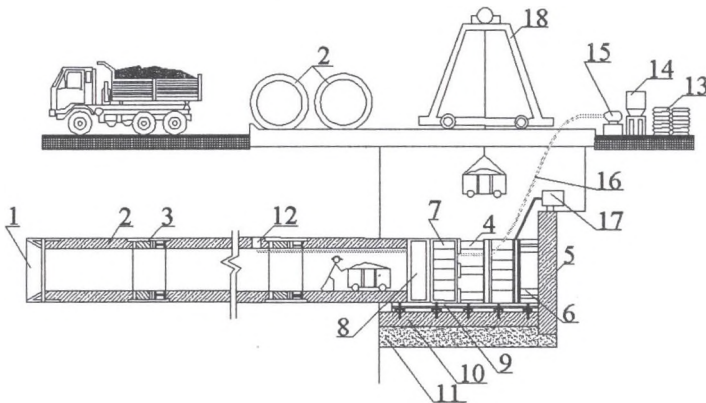
Poniżej omówione będą poszczególne metody.

#### 3.1. Metoda rozkopowa

W metodzie tej tunel buduje się w rozkopie wykonanym z powierzchni ziemi, a następnie zasypuje odtwarzając powierzchnię. Sposób ten idealnie nadaje się do zastosowania w terenie, w którym dopiero rozpoczyna się urbanizację.

#### 3.2. Przecisk hydrauliczny rury otwartej od czola

Przeciski hydrauliczne są jedną z najstarszych metod wykonania rurociągów w technologii bezwykopowej. Metodę opracowano dla ułatwienia robót przy przekraczaniu przeszkód różnego rodzaju: ulic z dużym ruchem, torów kolejowych, cieków i rzek lub zurbanizowanych terenów z mocno rozbudowaną infrastrukturą podziemną. Przecisk wykonywany jest pomiędzy dwoma komorami (studniami) – początkową i docelową. Obudowa takiego tunelu składa się z kolejno wciskanych rur o długości ok. 3 m. Schemat przecisku pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Typowy schemat przecisku [1]:

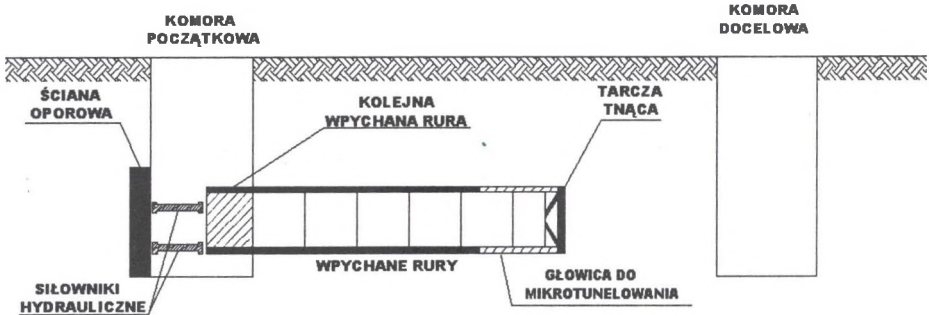
1. nóż, 2. przeciskana rura, 3. stacja pośrednia siłowników hydraulicznych, 4. siłowniki podstawowe, 5. blok oporowy, 6. konstrukcja wsporcza siłowników, 7. pierścień oporowy, 8. pierścień dystansowy, 9. torowisko, 10. płyta żelbetowa, 11. warstwa odsączająca, 12. otwory do iniekcji bentonitu, 13. bentonit, 14. mieszarka, 15. pompa do iniekcji, 16. przewód do iniekcji, 17. pompa siłowników, 18. dźwig

Fig. 3. Typical diagram for pipe driving [1]:

1. cutter, 2. installed pipe, 3. intermediate station of hydraulic cylinders, 4. primary cylinders, 5. outer block, 6. supportstructure for cylinders, 7. counterforce ring, 8. space ring, 9. track, 10. reinforced concreteslab, 11. bleeding layer, 12. openings for bentonite injection, 13. bentonite, 14. mixture, 15. injection pump, 16. injection hose, 17. cylinder-supplying pump, 18. crane

### 3.3. Mikrotunelowanie

Mikrotunelowanie jest najnowszą metodą wykonywania instalacji podziemnych.



Rys. 4. Schemat mikrotunelowania [2]

Fig. 4. Microtunnelling diagram [2]

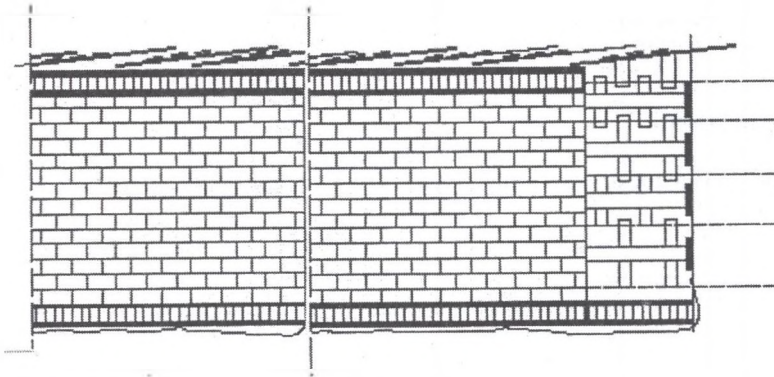
Technika wykonania mikrotunelu powstała przez połączenie doświadczeń i metod stosowanych w innych, wcześniejszych metodach bezwypokowego prowadzenia robót podziemnych. Wykonanie mikrotunelu polega na wydrążeniu tunelu pomiędzy komorą początkową a komorą docelową, zgodnie z zadaniem kierunkiem i nachyleniem. Metoda

mikrotunelowania jest zbliżona do metody przeciskowej, z tym że organem urabiającym czoło przodka jest maszyna, a nie pracownik.

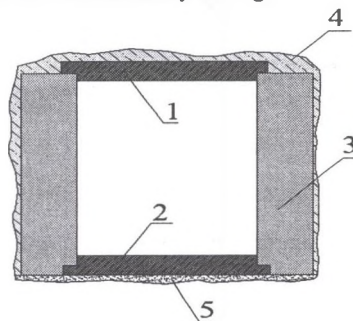
Przykład typowego mikrotunelu pokazano na rysunku 4. Schemat przedstawia mikrotunel o małej średnicy wykonany poniżej poziomu wody gruntowej. Na potrzeby tunelu wieloprzewodowego średnica mikrotunelu winna wynosić co najmniej 2 m.

### 3.4. Metoda górnicza

Jest to najstarsza metoda wykonywania wyrobisk podziemnych. Ze względu na małe gabaryty tuneli wieloprzewodowych przy ich budowie nieefektywne jest wprowadzanie wysokiej mechanizacji, a wobec tego przodek wystarczy wyposażać w proste narzędzia i urządzenia transportowe. Najprostszą do wykonania obudową są murowane ociosy oraz strop i spąg wykonany z małogabarytowych belek żelbetowych. Zagadnienia budowy tuneli wieloprzewodowych szeroko omówione są w pracach [1] i [2].



Rys. 5. Przekrój podłużny przez tunel z obudową murowaną  
Fig. 5. Cross-section of a tunnel with masonry walling



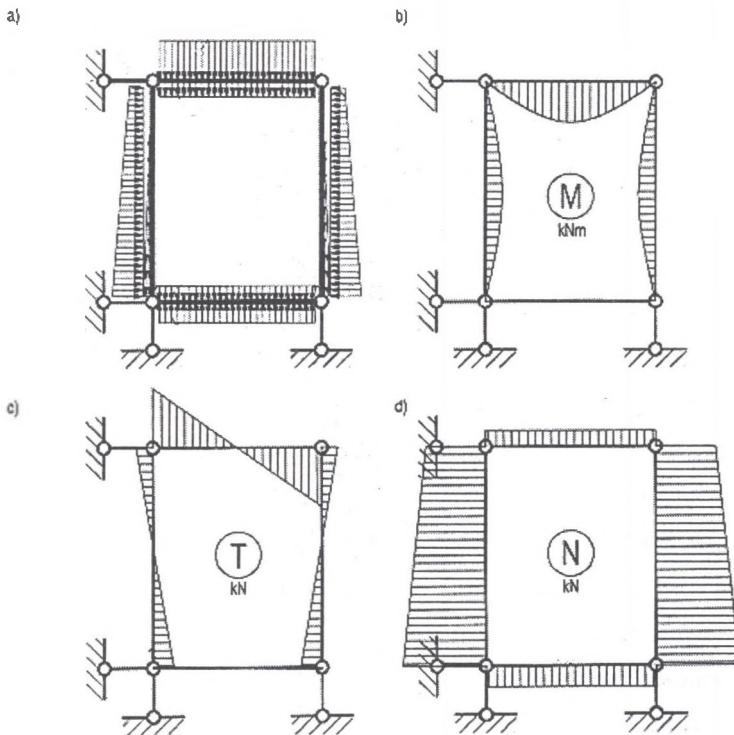
Rys. 6. Przekrój poprzeczny przez tunel z obudową murowaną [2]:  
1. belka stropowa, 2. belka spągowa, 3. mury ociosowe, 4. wypełnienie zaprawą, 5. warstwa wyrównująca  
Fig. 6. Cross-section of a tunnel with masonry walling [2]:  
1. roof beam, 2. floor beam, 3. sidewall masonries, 4. mortar filling, 5. finishing coating

#### 4. Wpływ eksploatacji górniczej na tunele wieloprzewodowe

Eksploatacja górnicza wywołuje osiadania gruntu, deformacje rozciągające i ściskające oraz nachylenia terenu. Na wszystkie te wpływy obudowa tunelu jest w dużym stopniu odporna. Tunele mają mały przekrój poprzeczny i w związku z tym oddziaływanie otoczenia gruntowego na ściany obudowy jest nieznaczne. W przypadku tuneli o kształcie kołowym składają się one z odcinków rur, które ze względu na swój kształt są odporne na ruchy górotworu, a niezależnie od tego bardzo łatwo jest je uzbroić, tak aby były odporne na szkody górnicze. W przypadku przekroju prostokątnego obudowa zagłębiona w gruncie jest również odporna, bowiem przyjmując odpowiedni schemat obudowy - swobodne oparcie belek żelbetowych na i pod murami, tworzymy przegubowe połączenia rygli belek ze słupami murów, które są także przegubowo utwierdzone w gruncie. Przegubowe połączenia elementów obudowy powodują obniżenie wartości momentów zginających, sił tnących i osiowych, których przebieg pokazuje rys. 7. Powyższy sposób wykonania obudowy i dokonania obliczeń sprawdzony został na wielu obiektach wykonanych w latach dziewięćdziesiątych, które aktualnie nie wykazują negatywnych zmian i służą pierwotnemu przeznaczeniu.

Deformacje rozciągające i ściskające w przekroju podłużnym tunelu są zniwelowane poprzez stosowanie szczelin dylatacyjnych. W przypadku tunelu budowanego metodą przecisku i mikrotunelowania, przez to że obudowa jest wykonana z elementów monolitycznych o długościach nie większych niż 3 m, połączenia tych elementów spełniają w pewnym sensie funkcję szczelin dylatacyjnych. W metodzie górniczej odcinki murów oddzielone są szczelinami dylatacyjnymi.

Odształceń przewodów zabudowanych w tunelu można uniknąć poprzez odpowiedni montaż, stosowanie kompensatorów i materiałów podatnych na ściskanie i rozciąganie. Trudno uniknąć negatywnego wpływu zmian nachylenia tunelu na grawitacyjne przewody prowadzące ścieki.



Rys. 7. Przyjęty model do obliczeń ramy obudowy tunelu [2]: a) schemat statyczny, b) wartości momentów zginających, c) wartości sił tnących, d) wartości sił osiowych  
 Fig. 7. Static calculations for the tunnel walling frame [2]: a) static diagram, b) values for bending moments, c) values for shearing forces, d) values for axial forces

## 5. Wnioski

Istotą odporności sieci uzbrojenia podziemnego na szkody górnicze umieszczonej w tunelach wieloprzewodowych jest jej brak powiązania z gruntem, który ulega wpływom eksploatacji górniczej. Wpływom tym poddana jest wyłącznie obudowa, której konstrukcja może być odpowiednio zabezpieczona na przewidywane odkształcenia i obciążenia. Stosowanie do obudowy elementów małego gabarytu i rur pozwala na wykonanie częstych dylatacji, a powstające spękania nie prowadzą do zniszczenia obudowy grożącej katastrofą budowlaną. Nie są też przyczyną awarii lub wyłączenia z eksploatacji przewodów umieszczonych w tunelu. Przewidując wielkość osiadań i zmianę nachylenia terenu, można w fazie projektowania przewidzieć odpowiedni zapas wysokości tunelu, który pozwoli na wielokrotną rektyfikację ułożenia rurociągów. Jedynie w przypadku wystąpienia znacznych osiadań i powstania przeciwsпадków, powstaną trudności w grawitacyjnym



odprowadzeniu ścieków. Wówczas jedynym rozwiązaniem pozostaje budowa przepompowni i zabudowa w tunelu wieloprzewodowym rurociągu tłocznego.

Projekt sieci uzbrojenia podziemnego przewidzianych do zabudowania w kanałach zbiorczych powinien być uzgodniony z ogólnym planem zagospodarowania przestrzennego i wykonany jako kanał zbiorczy, wielobranżowy, obejmujący łącznie wszystkie rodzaje sieci. Zadaniem władz i samorządu miasta jest funkcja integrująca przyszłych właścicieli sieci oraz ustalenie wielkości partycypacji w kosztach wykonania zadania.

## LITERATURA

1. Kuliczkowski A., Madryas C.: Tunele wieloprzewodowe. Wydawnictwa Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2002.
2. Motyczka A.: Tunelowanie metodami górnictwymi. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
3. Zarządzenie nr 11 Ministra Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 13 kwietnia 1976 r. w sprawie tymczasowych wytycznych projektowania sieci uzbrojenia podziemnego w kanałach zbiorczych.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek