ASTALDI

Podejście metodologiczne do Analizy i Projektowania Tunelu S7 Mały Luboń

- Technologia drążenia -

DOŚWIADCZENIE

Firma Astaldi S.p.A. – Doświadczenie podziemne

- **DOŚWIADCZENIE**

→ **ASTALDI Doświadczenie podziemne**

Od chwili powstania, (1922), firma Astaldi w szczególny sposób zaznacza swoją obecność w sektorze robót podziemnych rozwijając technologie oraz zawodowe umiejętności dzięki czemu jej know-how oraz wiarygodność wyróżniają się na światowym poziomie.

1922 ÷ 2012

RODZAJ	KM
Tunele drogowe	96.1
Tunele kolejowe	154.3
Tunele podziemne	128.8
Tunele hydrauliczne	141.1
Tunele górnicze	13.9
Tunele - schrony przeciwatomowe	26.6
Łącznie (począwszy od 1922 do 2012)	**560.80**

2002 ÷ 2012

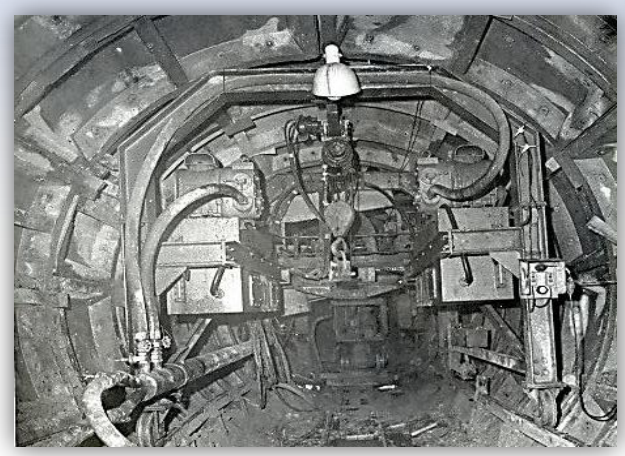
RODZAJ	KM
Tunele drogowe	32.5
Tunele kolejowe	113.2
Tunele podziemne	110.6
Tunele hydrauliczne	80.1
Łącznie (od 2002 do 2012)	**336.40**

Do realizacji

RODZAJ	KM
Tunele drogowe	11.2
Tunele kolejowe	3.0
Tunele kolejowe	24.1
Tunele górnicze	13.9
Łącznie	**52.20**

- **DOŚWIADCZENIE**

→ **ASTALDI Doświadczenie podziemne**



Akwedukt "Peschiera" – Rzym (1953) WŁOCHY

"Cimego" elektrownia wodna (1957)
WŁOCHY

"Abraham River" elektrownia wodna (1963)
LIBAN

"Rzym-Florencja" kolej dużych prędkości
(1976) WŁOCHY

"El Cajon" elektrownia wodna (1985)
HONDURAS

Elektrownia "Solarino" - SYRAKUZY (1987)
WŁOCHY

- **DOŚWIADCZENIE**

→ **ASTALDI Doświadczenie podziemne**

Autostrada "A26" "Stresa Carpugnino – Ferriolo" (1989) WŁOCHY

Tunel "Peloritani" - "Messina-Villafranca" (1990) WŁOCHY

Tunel "Fleming" – "Rzym" (1990) WŁOCHY

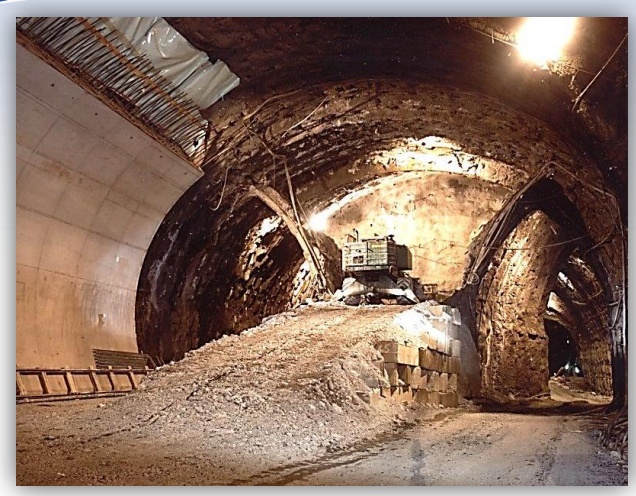
Połączenie kolejowe Mediolan – stacja Wenecja (1993) - WŁOCHY

TUNEL "GIOVANNI XXIII" – "Rzym" (2000) WŁOCHY

Kolej podziemna w Kopenhadze (2000) - DANIA

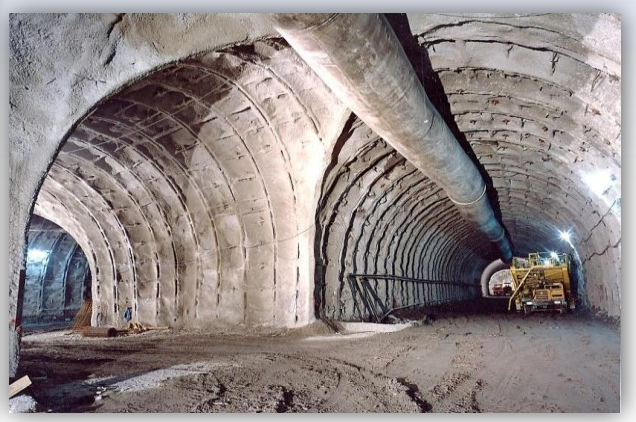
- **DOŚWIADCZENIE**

→ **ASTALDI Doświadczenie podziemne**



Linie kolejowe prowadzące przez przełęcz i basen portowy Genua/Voltri (2001) WŁOCHY

Kolej podziemna w Kopenhadze (2003) DANIA



Autostrada "A26" STRESA Carpugnino–Feriolo (2007) WŁOCHY

Elektrownia wodna "Chacayes" (2009) - CHILE

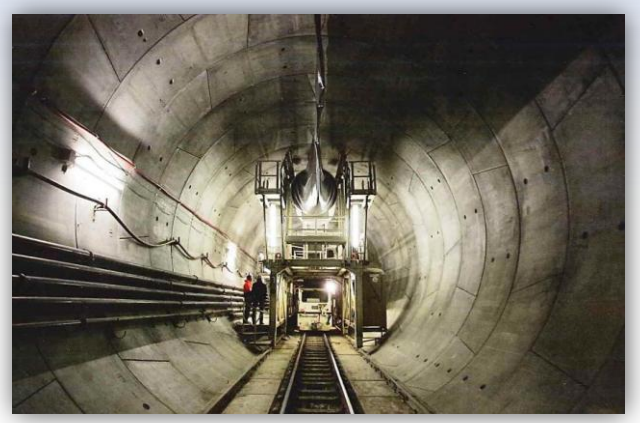
Droga krajowa "SS106" Jonica (2011) WŁOCHY

Kolej "Pontremolese" (2012) WŁOCHY

- **DOŚWIADCZENIE**

→ **ASTALDI Doświadczenie podziemne**

Linia 5 – Metro w Mediolanie (2012) WŁOCHY



Metro w Brescii (2012) WŁOCHY

Tunel Camlik - Autostrada Północ Marmara (2013) TURCJA

Tunel Riva – Autostrada Północ Marmara (2015) TURCJA

METODA A.DE.CO. – R.S.

Wstęp i specyfikacje techniczne

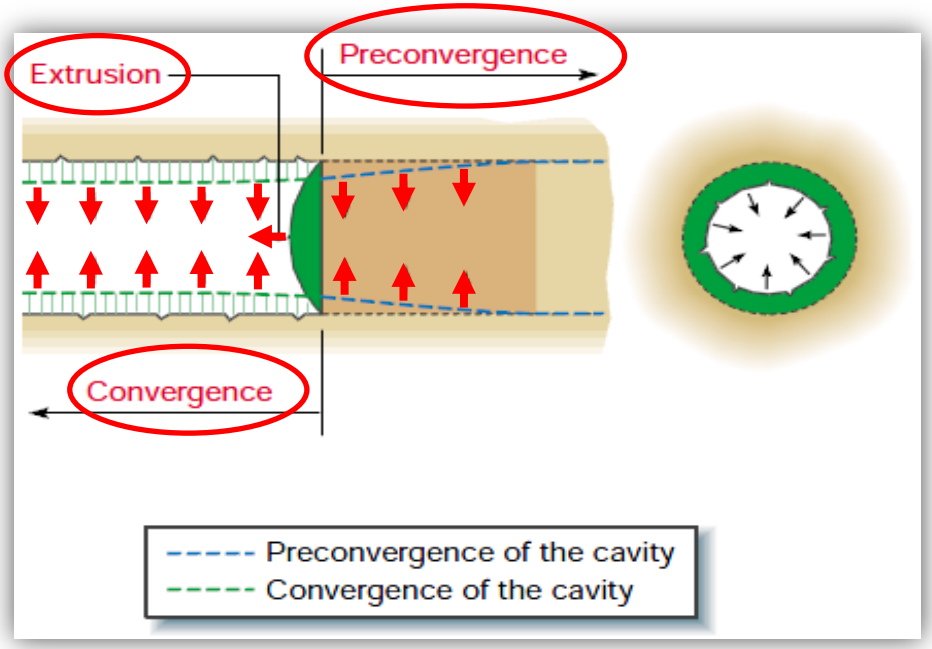
ADECO-RS to skrót od ang. «**A**nalysis of **CO**ntrolled **D**eformations in **R**ocks and **S**oils» [tłum. Analiza Kontrolowanych Odkształceń w Skałach i Gruncie].

Ta metoda została rozwinięta w latach 80-tych przez Profesora Lunardi. Była efektem długich oraz dogłębnych badań w zakresie reakcji naprężeń i odkształceń ponad tysiąca tuneli w ponad dziewięciu tysiącach różnych warunków geologicznych/geotechnicznych czoła.

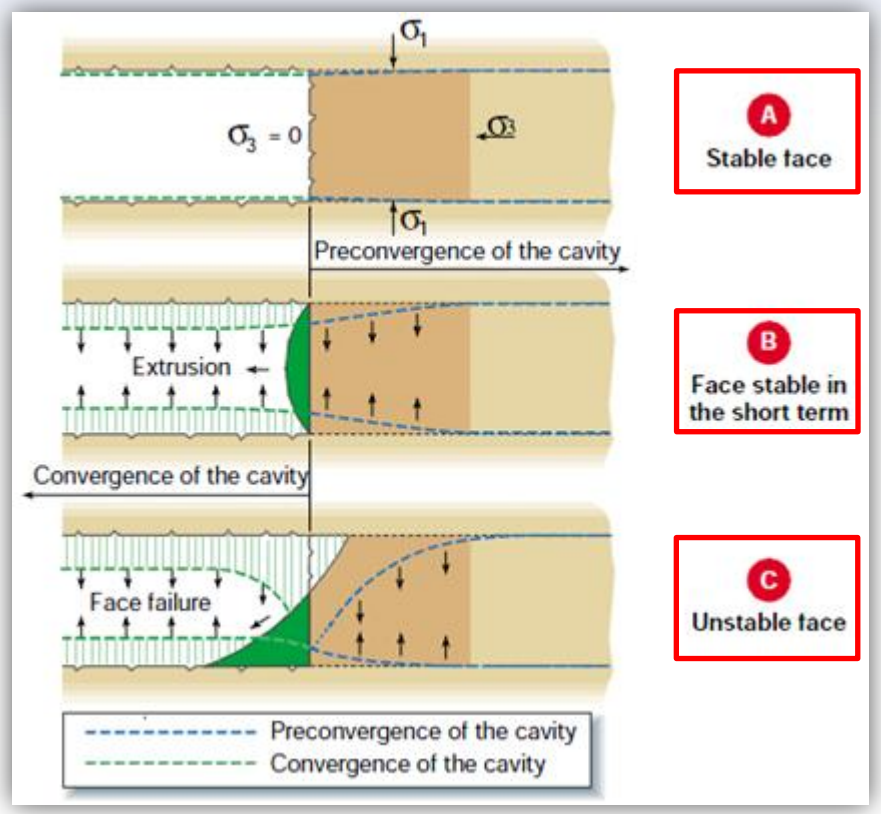
Analiza Odkształcenia (odpowiedzi Deformacyjnej) podłoża, które ma być drążone, jest najważniejszym aspektem jaki Projektant musi wziąć pod uwagę

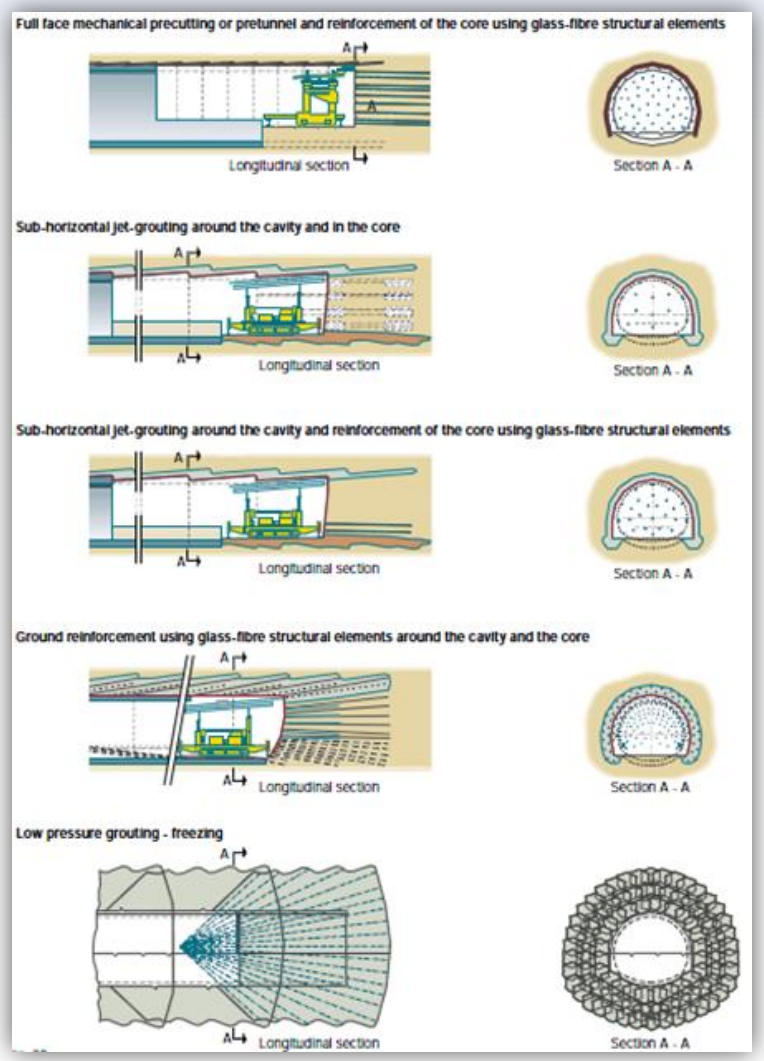
⇩

EFEKT ŁUKOWY



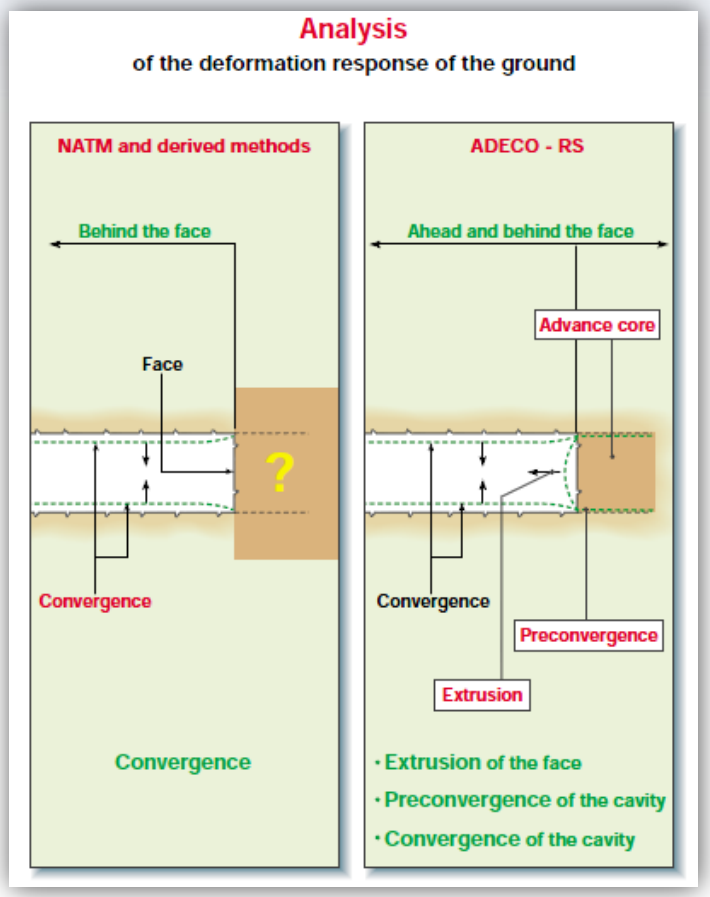
Zachowania **rdzenia przodka** tunelu



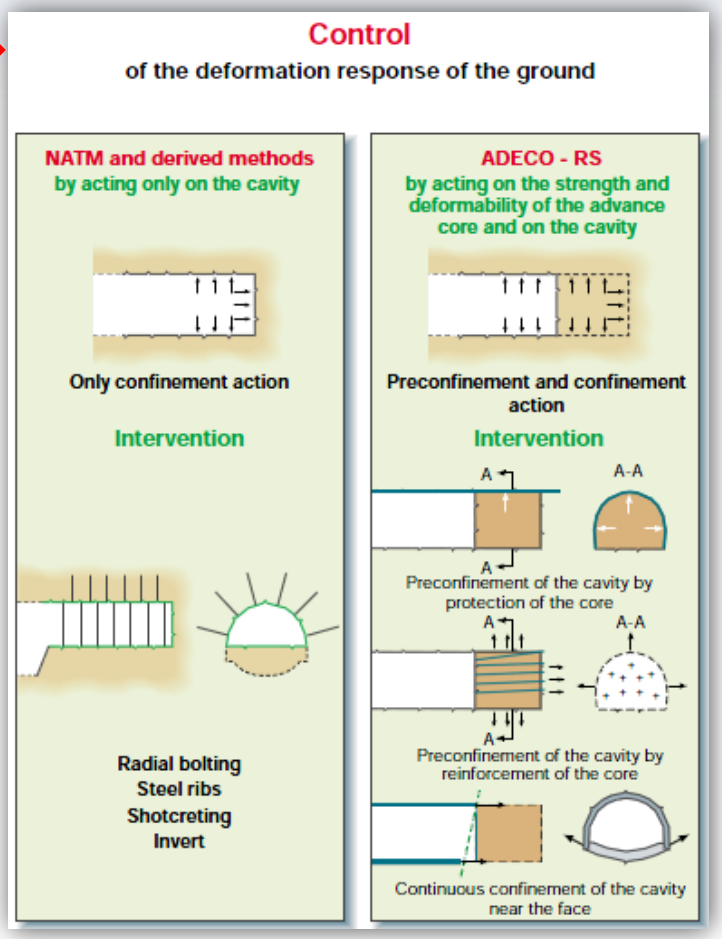


W celu kontrolowania rdzenia przodka poprzez **ulepszenie** parametrów **wytrzymałościowych i sztywności**

Główne różnice pomiędzy metodą ADECO-RS i Nową Austriacką Metodą Tunelową (NATM) występują zarówno na etapie **Analizy** jak i **Kontroli.**



Poprawa rdzenia przodka wpływa pozytywnie nie tylko na **bezpieczeństwo robót podziemnych** lecz również na koszty bezpośrednio związane z realizacją tymczasowej i ostatecznej obudowy. Przy wykorzystaniu metody ADECO-RS możliwe jest **uprzemysłowienie produkcji**.

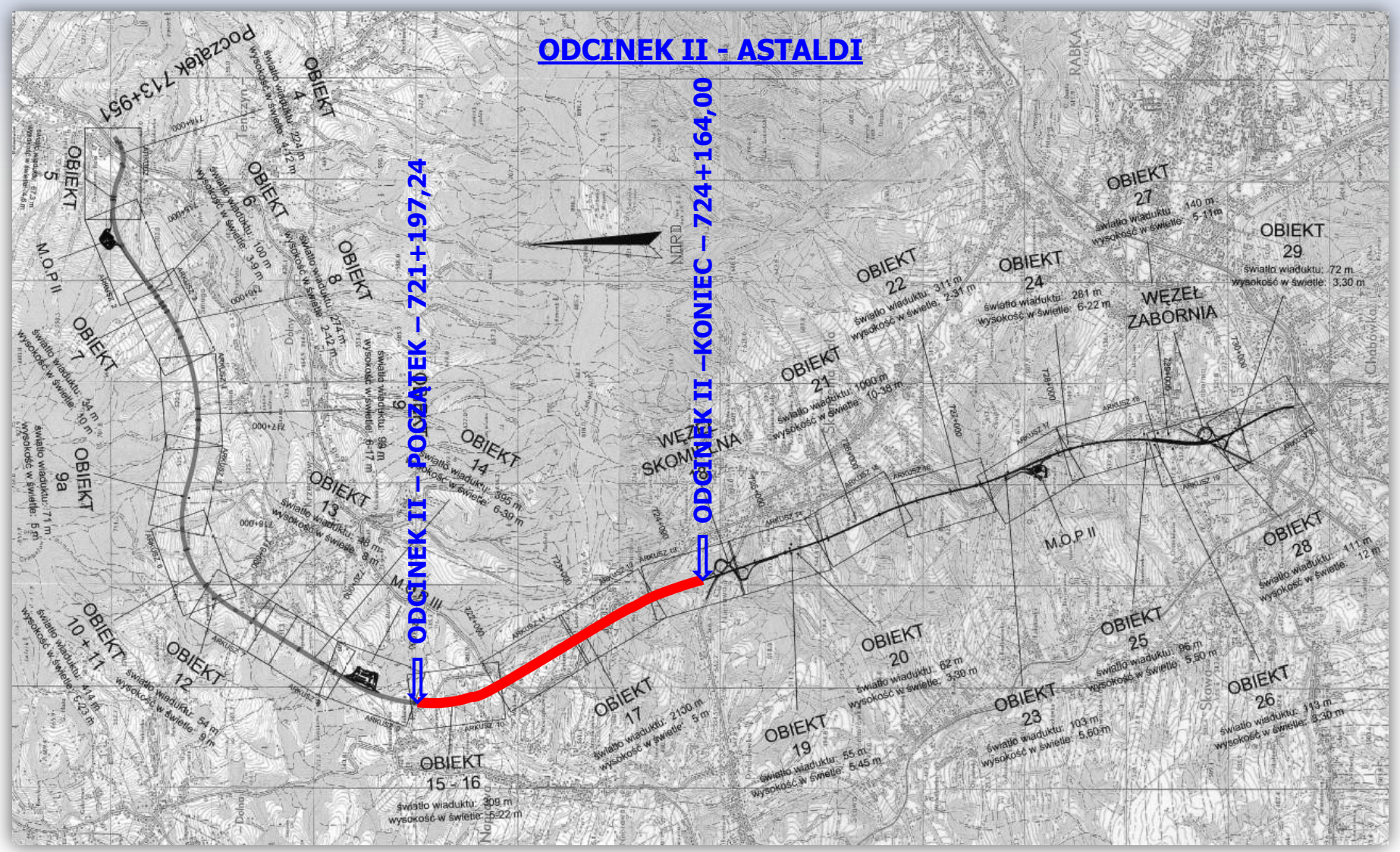


METODA A.DE.CO. – R.S.

Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków - Rabka Zdrój

- **METODA A.DE.CO. – R.S.**
- Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

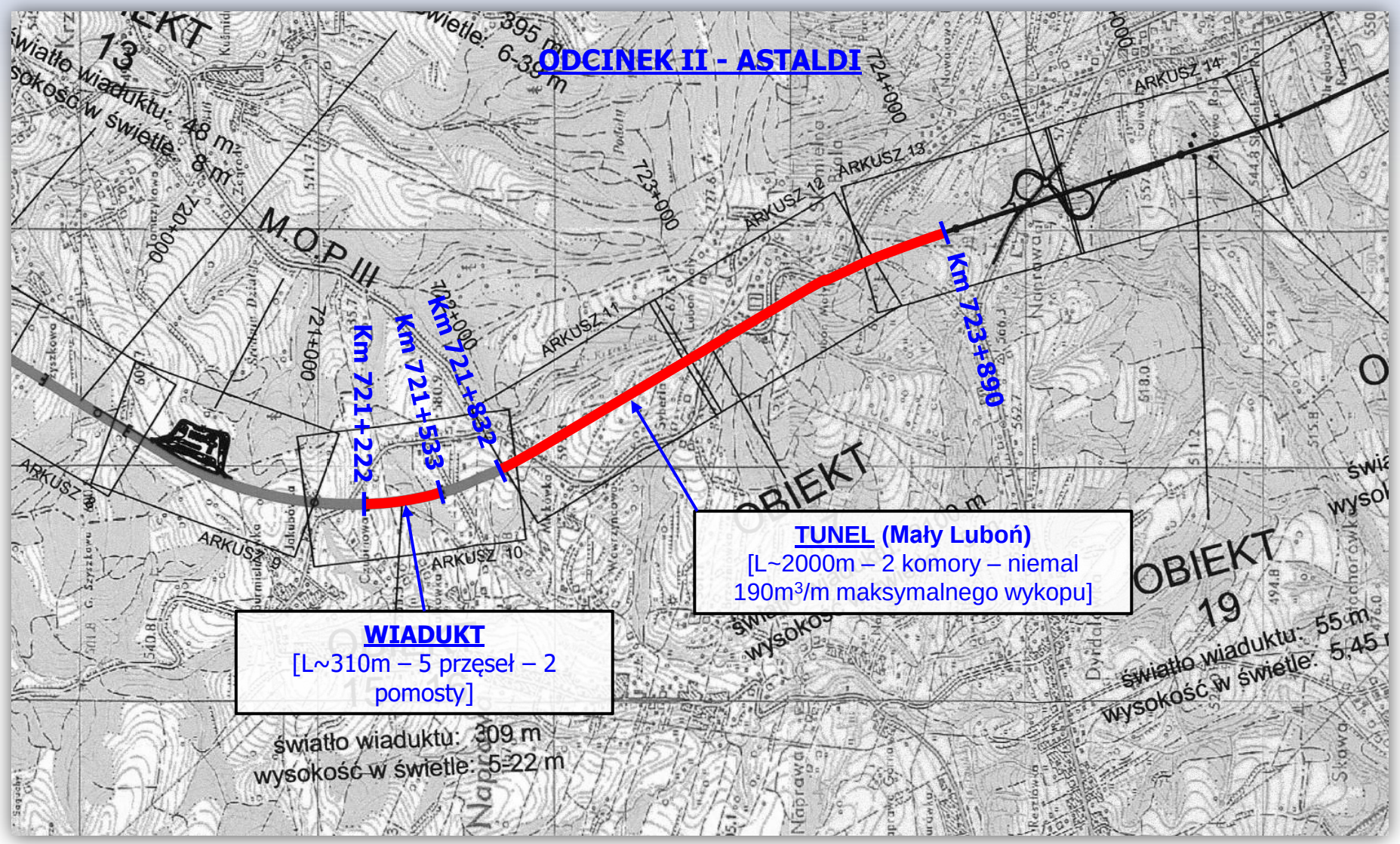
→ **Ogólny plan projektu**



- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Plan Odcinka II**

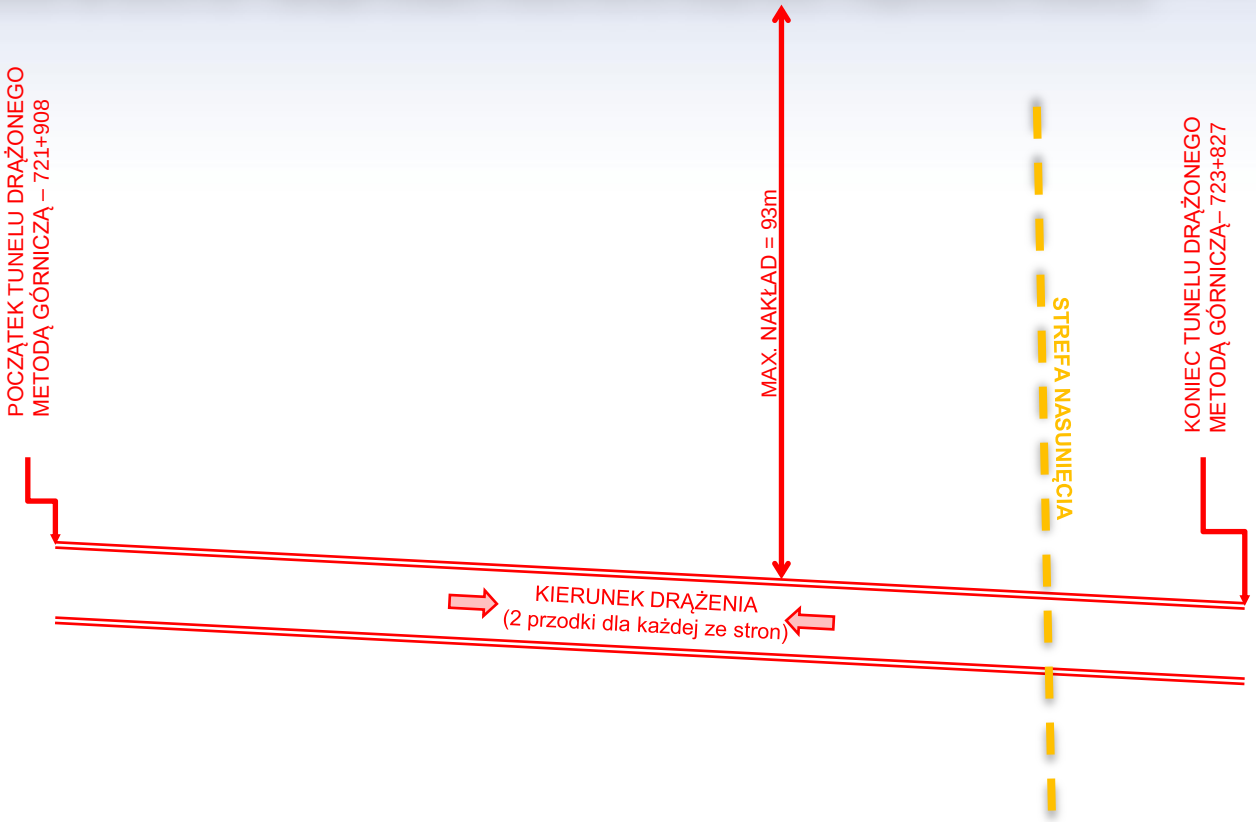


- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Ogólny kontekst geotechniczny**

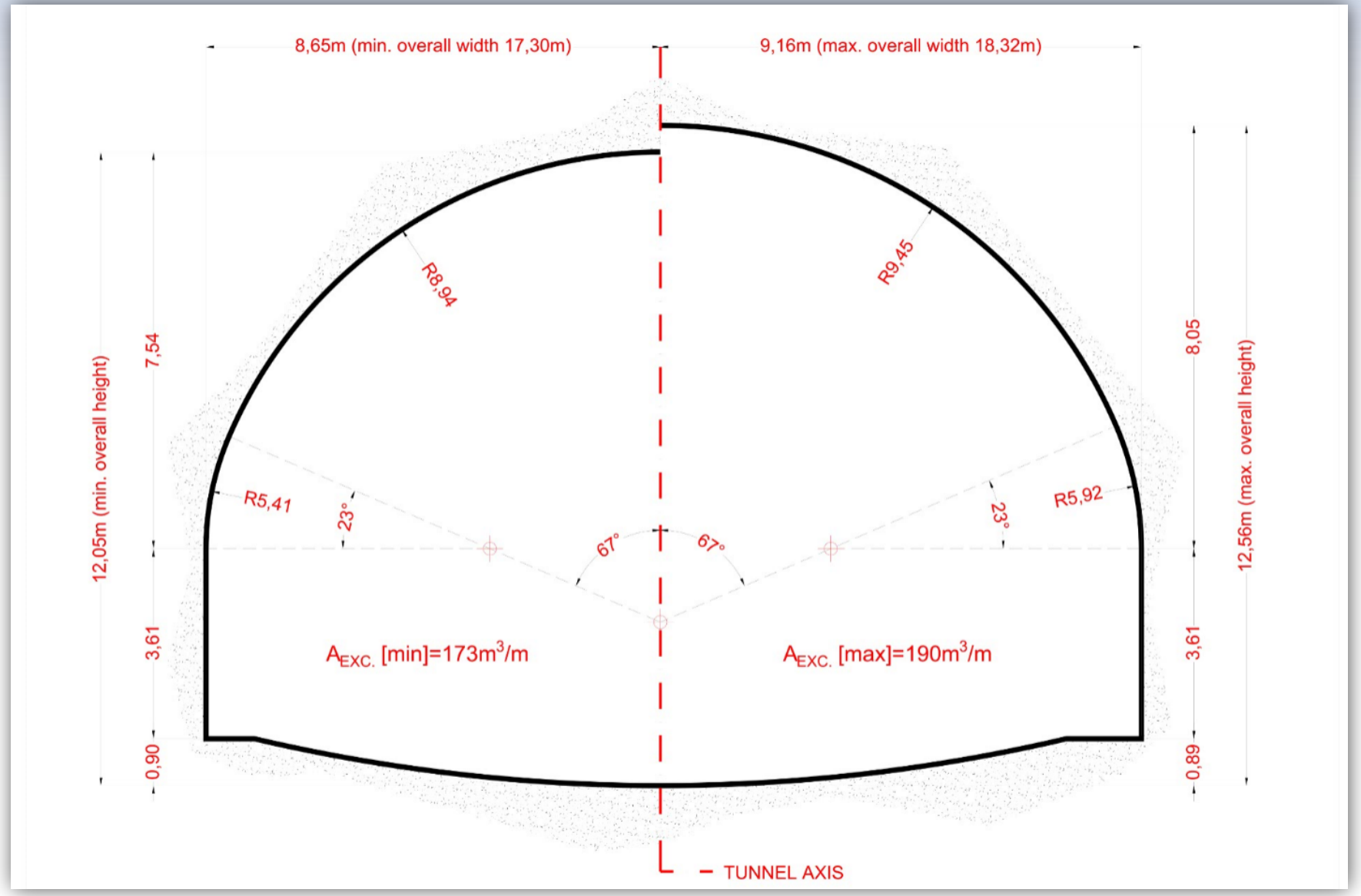
TUNEL DRĄŻONY METODĄ GÓRNICZĄ – 1919m



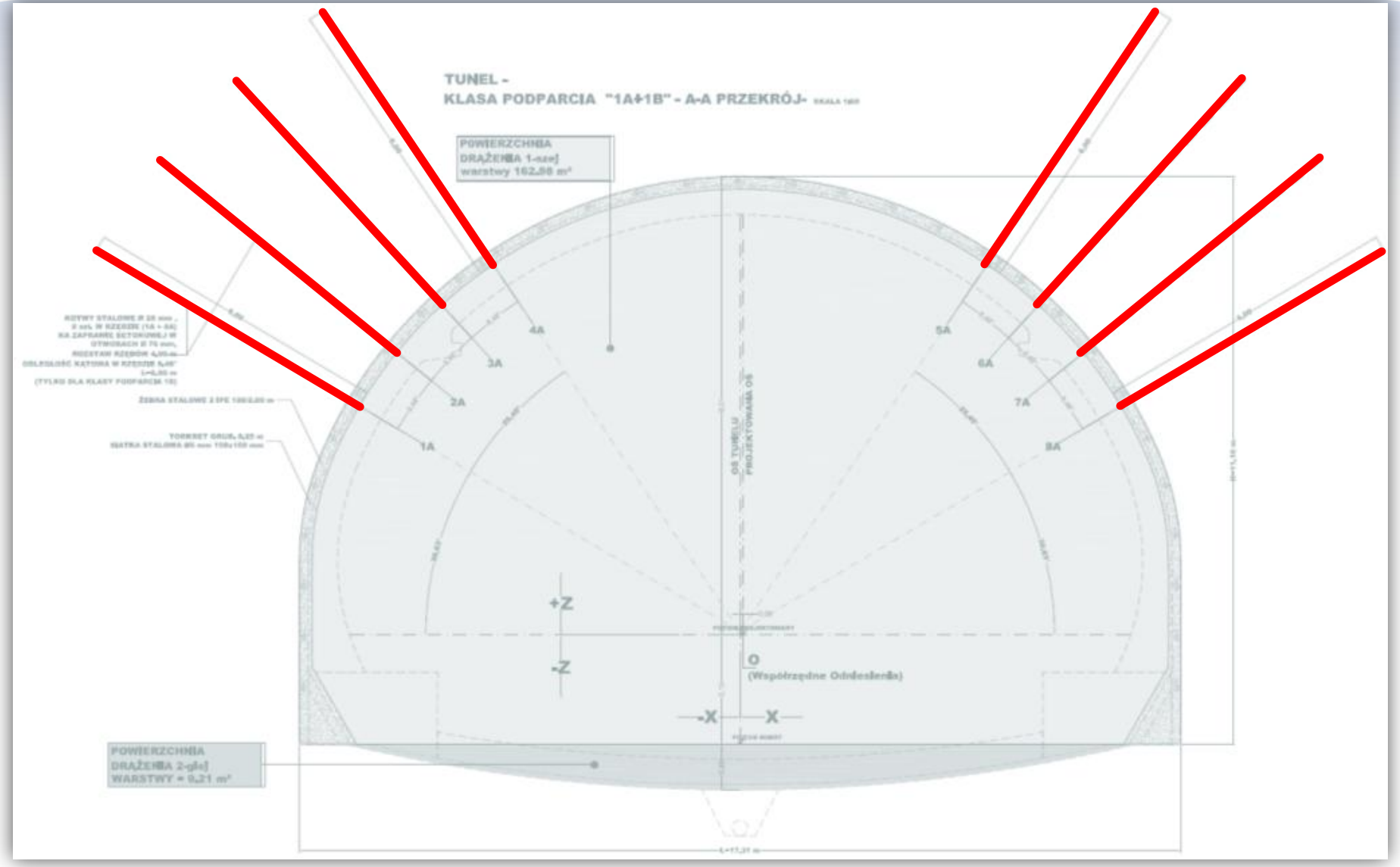
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Wymiary drążonego przekroju poprzecznego**



- **METODA A.DE.CO. – R.S.**
  - → Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój
    - → **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

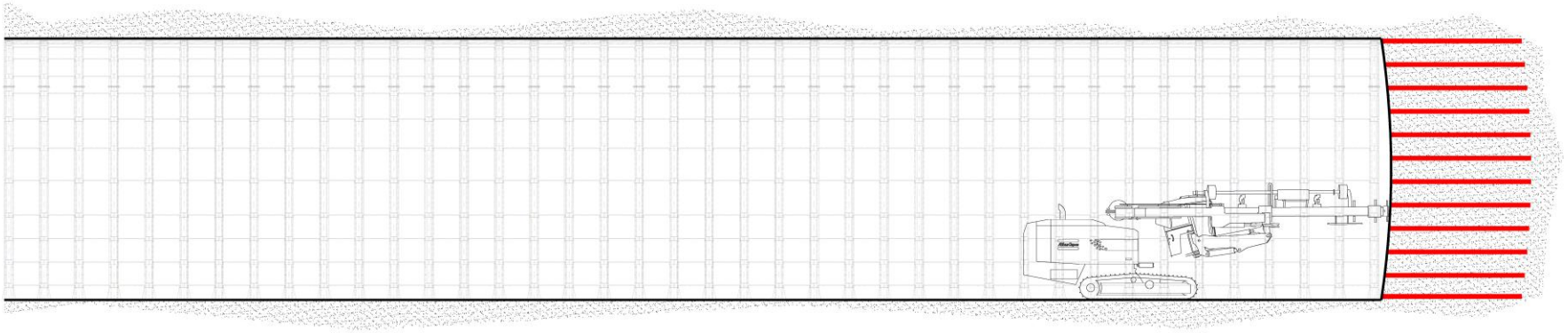


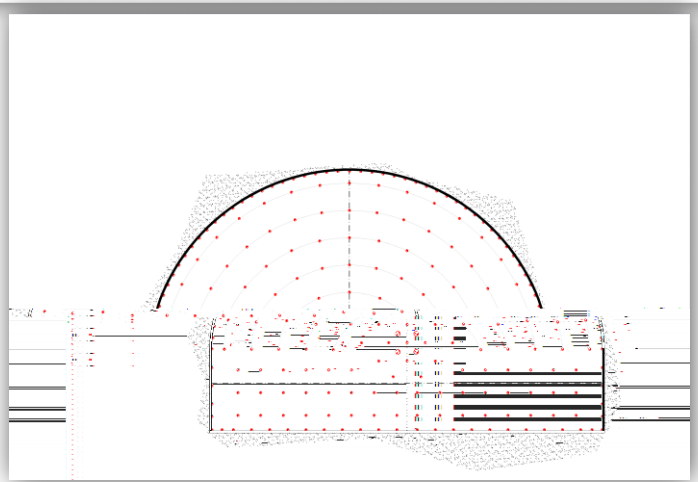
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

ETAP 1 – Wiercenie wyprzedzające, od czoła tunelu, w celu załadunku materiału wybuchowego – lokalizacja tych odwiertów oraz ilość materiału wybuchowego, jak również sekwencja strzałowa, musi zostać zaprojektowana cykl po cyklu w zależności od faktycznie zaobserwowanych warunków geologicznych



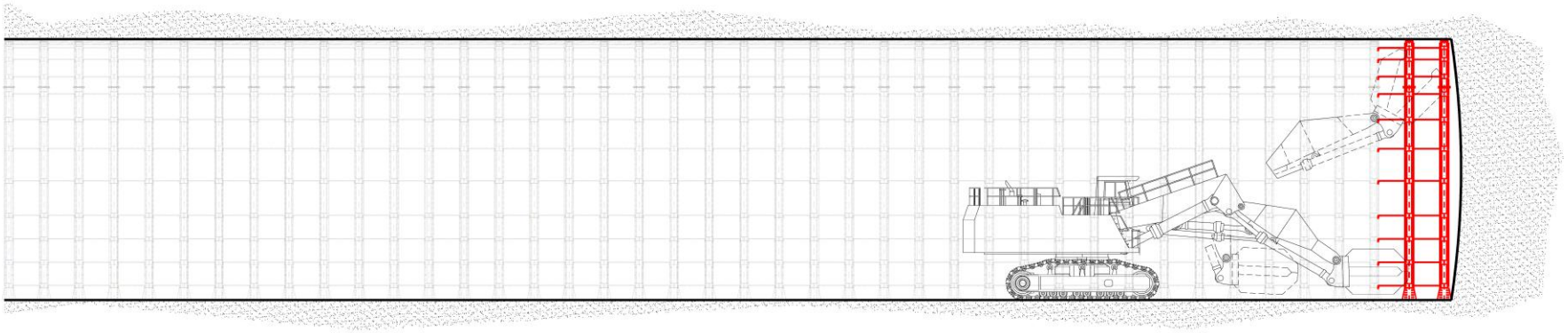


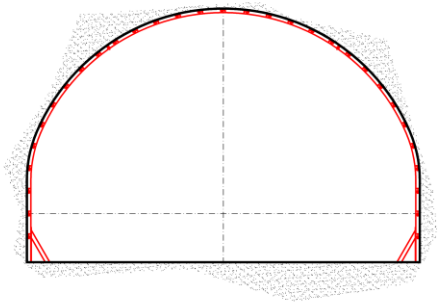
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

ETAP 3 - Instalacja stalowych żeber, które są chwytane i unoszone przy użyciu szybkozłącza hydraulicznego zainstalowanego na koparce



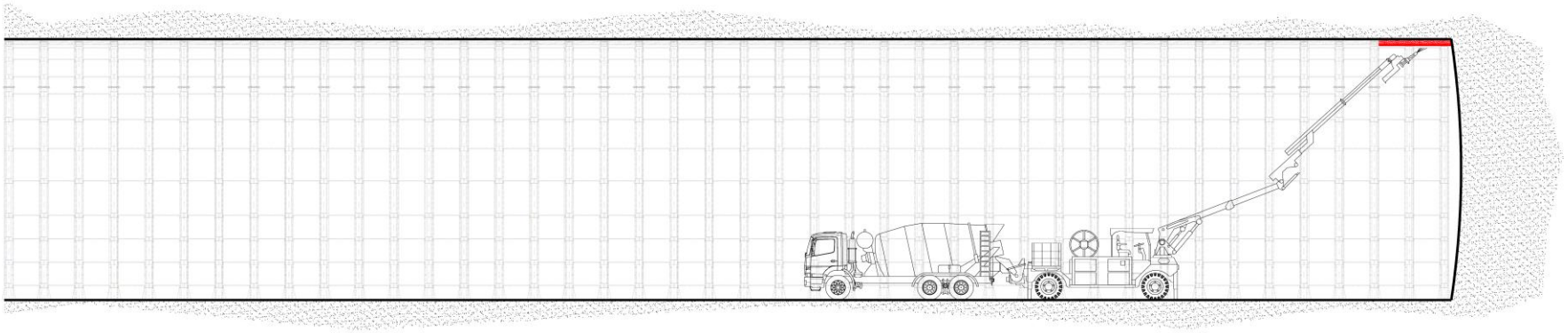


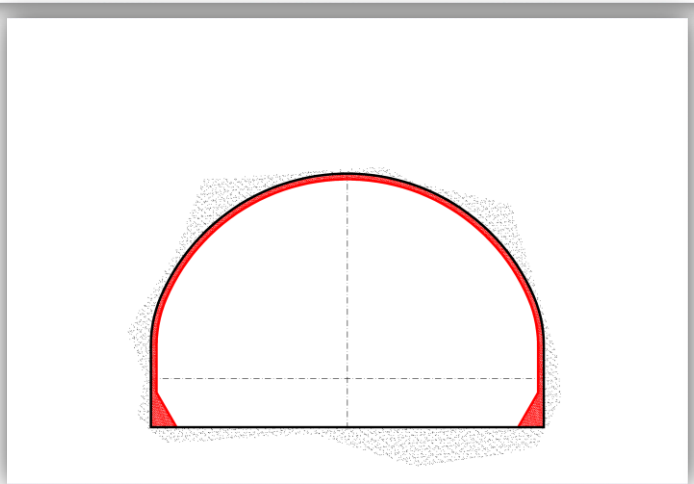
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

ETAP 4 – Instalacja siatki stalowej oraz wykonanie torkretowania. Beton jest natryskiwany z poziomu platformy roboczej przy pomocy sprzętu, który pochyla się w kierunku lewo-prawo oraz góra-dół.



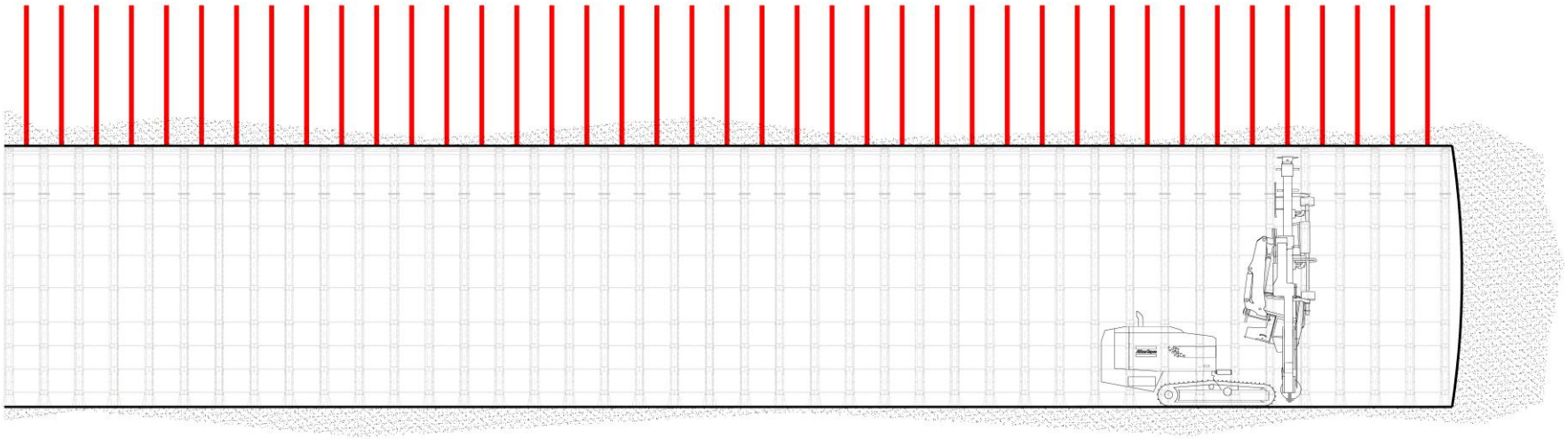


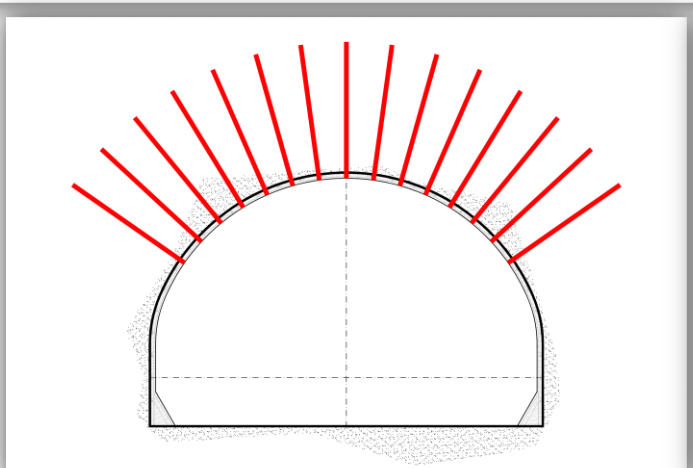
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

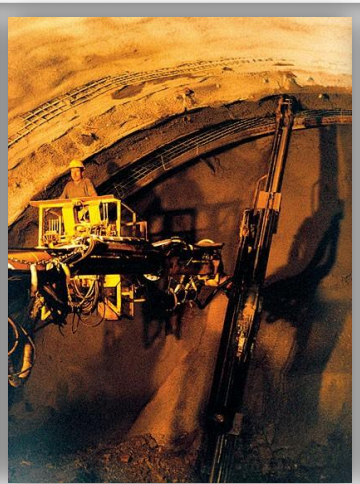
→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

ETAP 5 – Promieniowe wiercenie oraz instalacja kotwi w celu „zespajania" nieciągłości górotworu





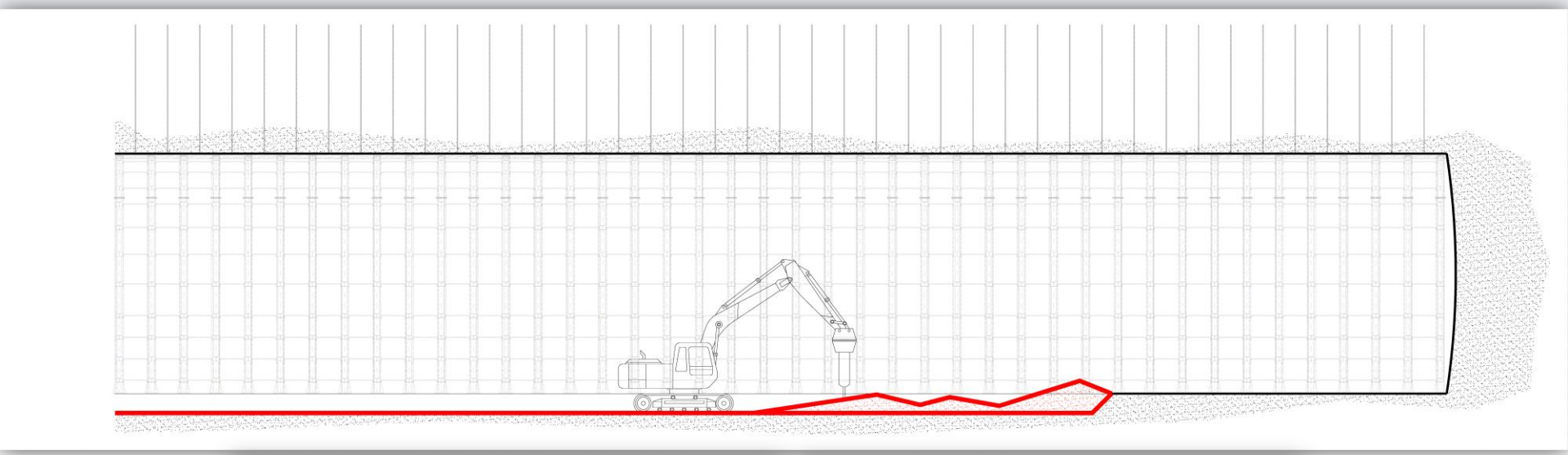


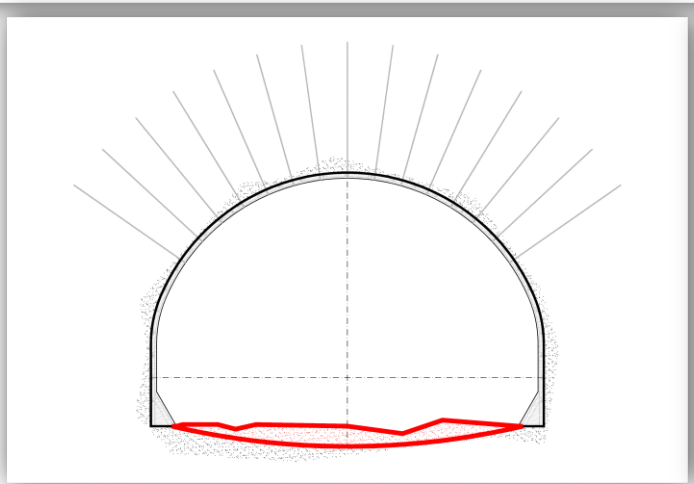
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

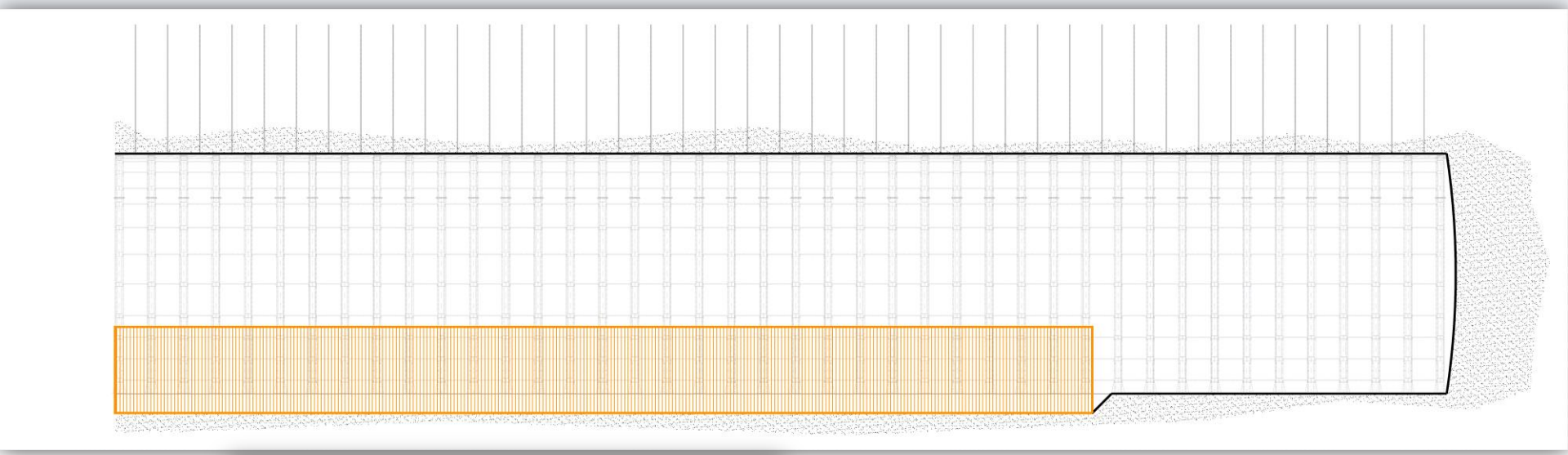
ETAP 6 – Drążenie sklepienia dolnego z użyciem młotów – odległość od czoła tunelu zasadniczo zależy od warunków geologicznych

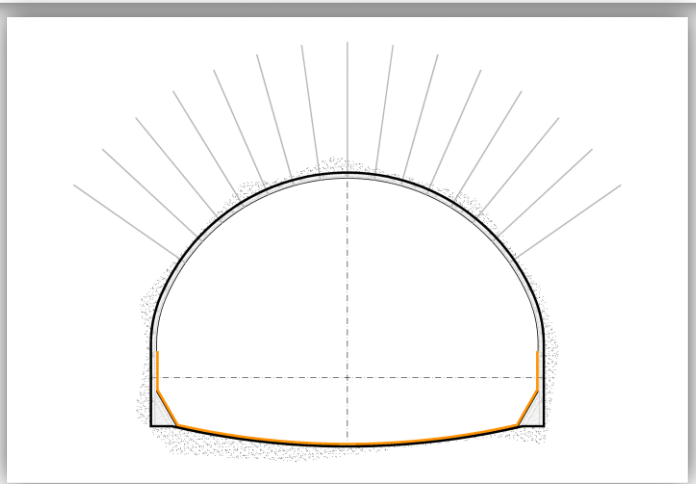




- **METODA A.DE.CO. – R.S.**
  - → Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój
  - → **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

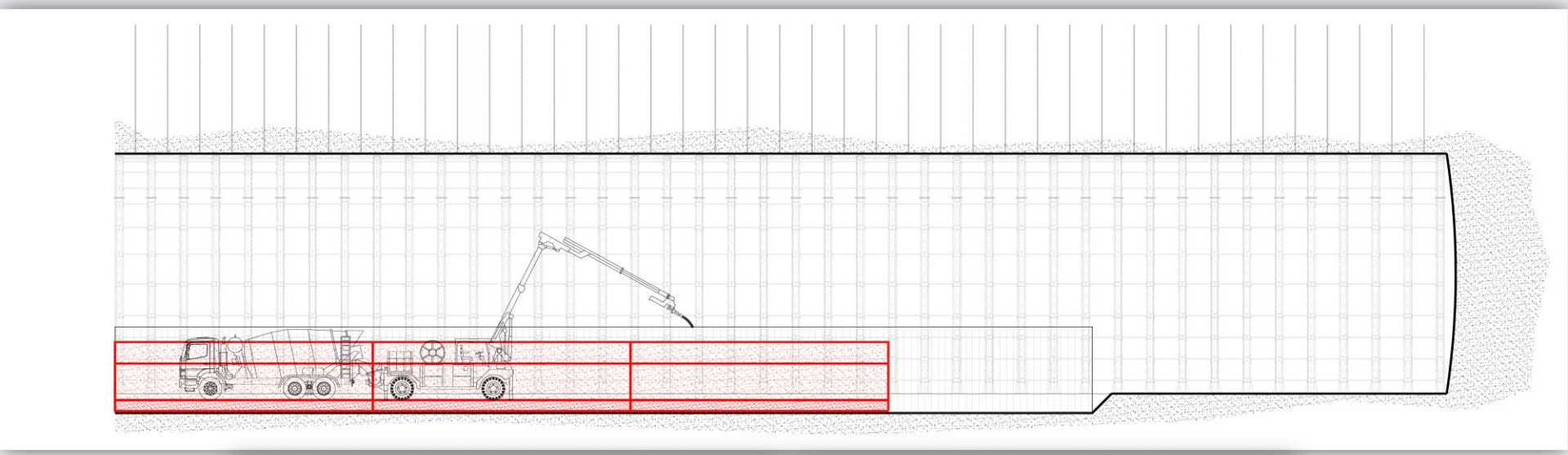
ETAP 7 – Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze ław oraz sklepienia dolnego

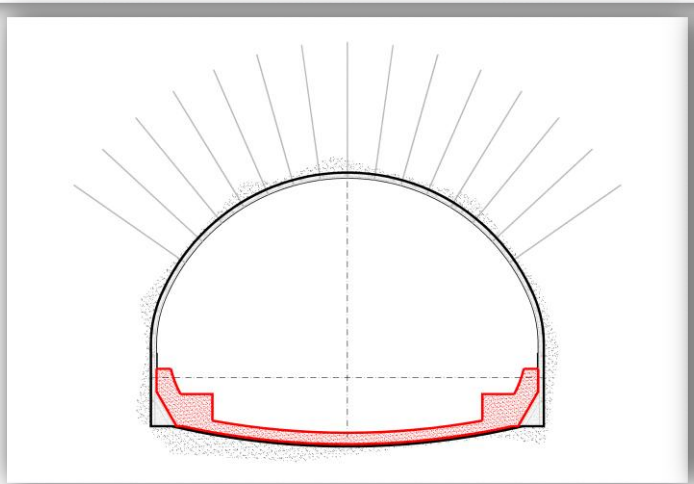




- **METODA A.DE.CO. – R.S.**
  - → Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój
  - → **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

ETAP 8 – Betonowanie obszarów docelowego sklepienia dolnego i dolnych ław, segment po segmencie - odległość od czoła tunelu jest tym mniejsza im gorsze są warunki geologiczne, w celu zamknięcia „pierścienia”



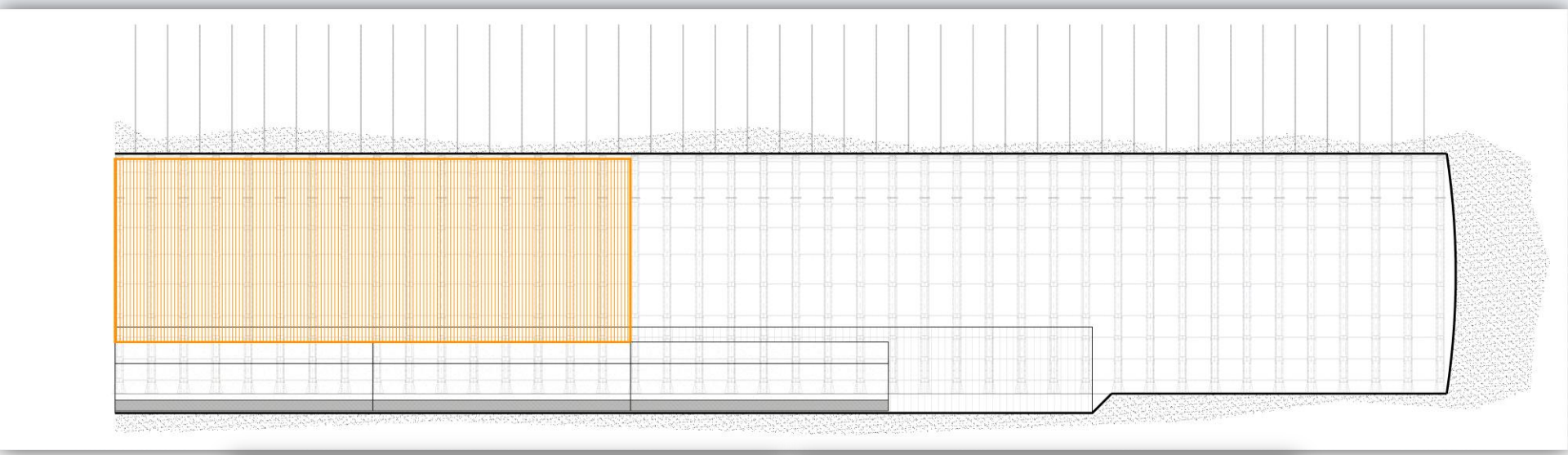


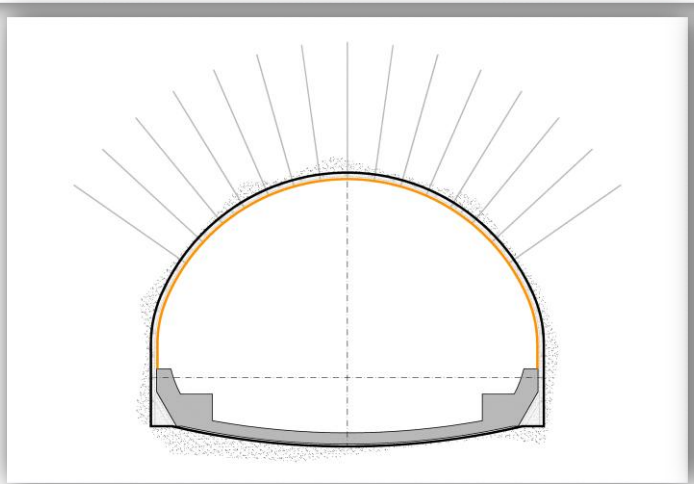
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

ETAP 9 – Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze korony tunelu począwszy od obszaru ław sklepienia dolnego przy użyciu doraźnego stalowego szalunku



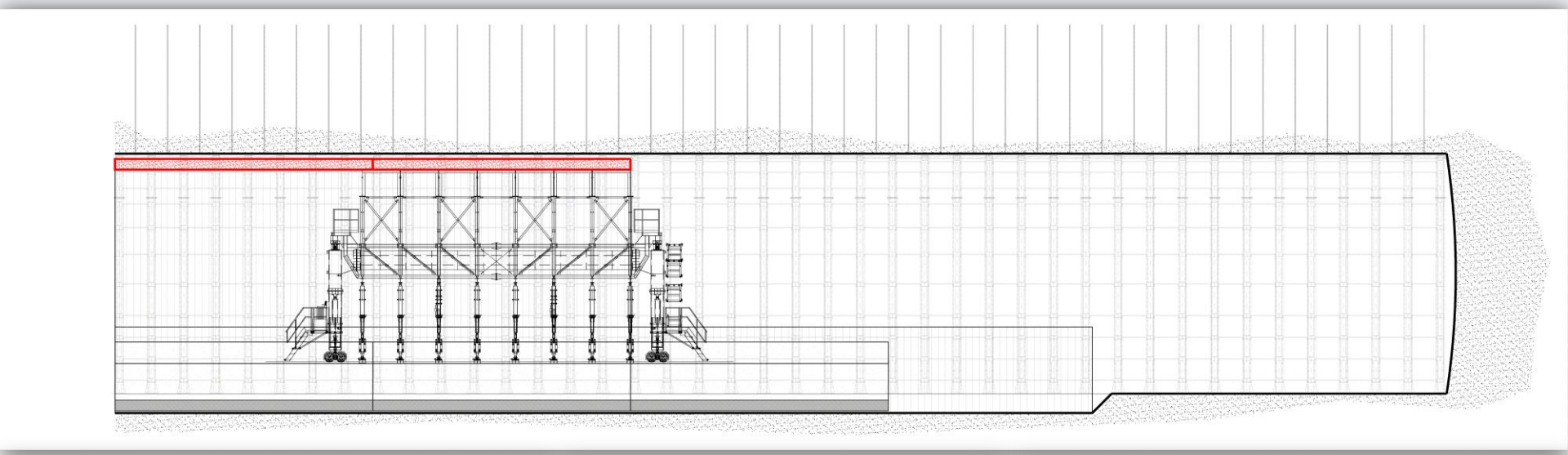


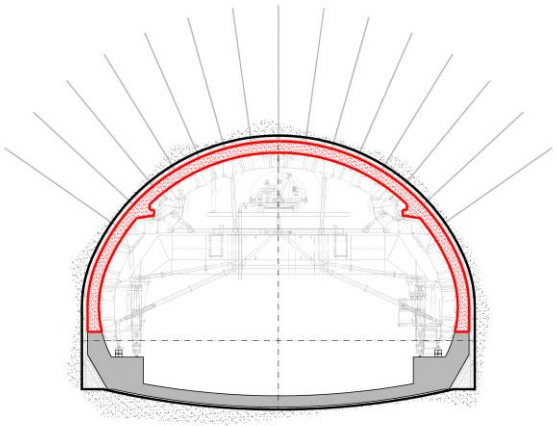
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

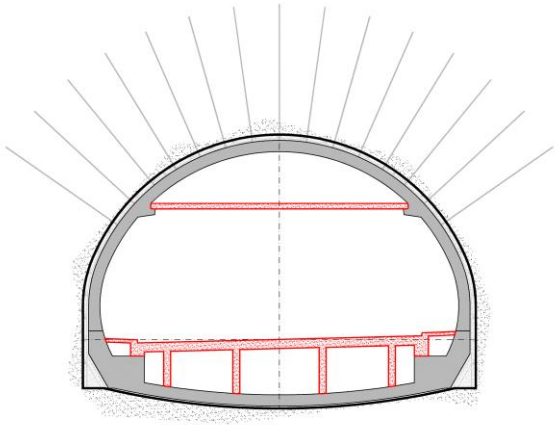
→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w dobrym materiale skalnym (głównie piaskowiec)**

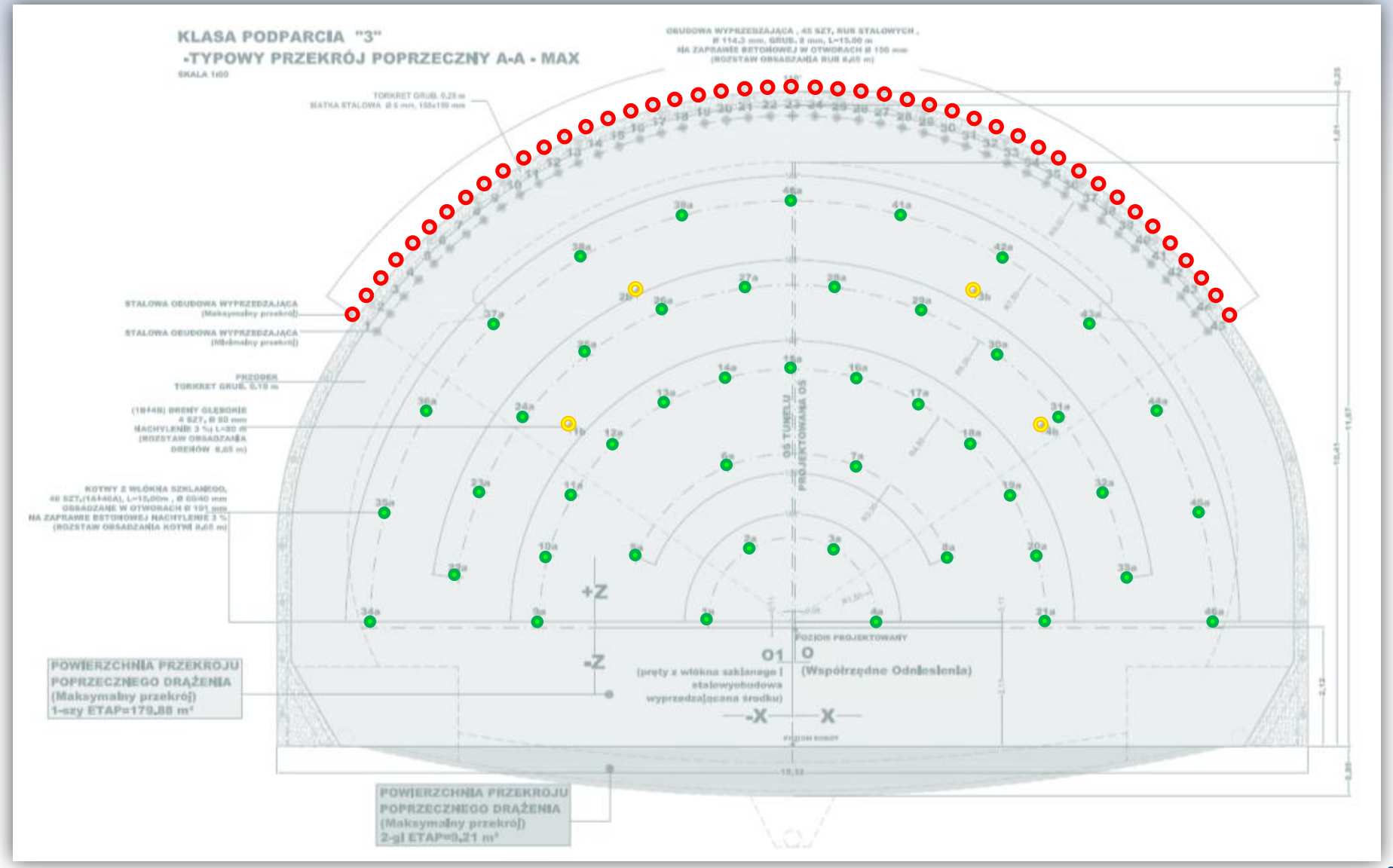
PHASE 10 – Wykonanie obudowy ostatecznej ze zbrojonego betonu w obszarze korony tunelu z użyciem samonośnego, samoregulującego oraz samobieżnego szalunku





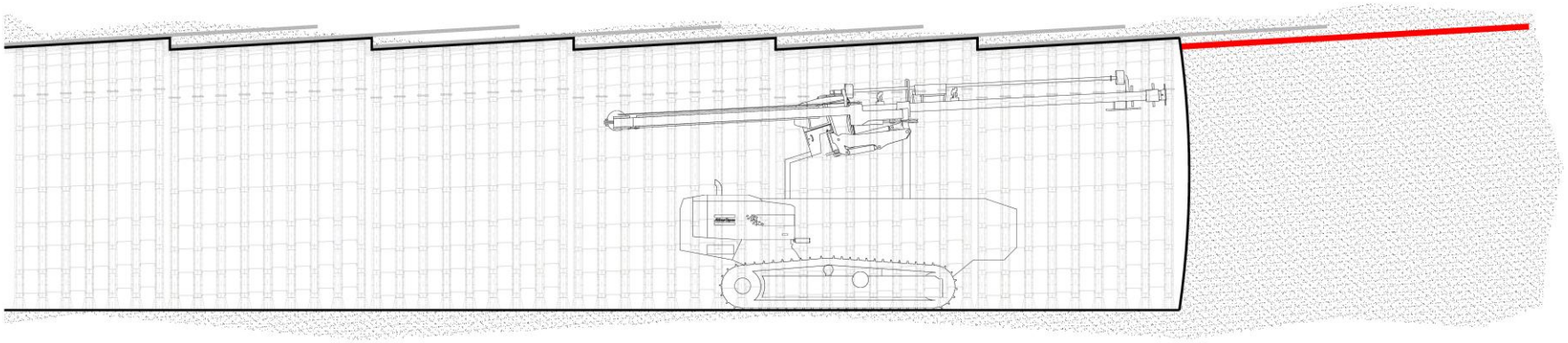


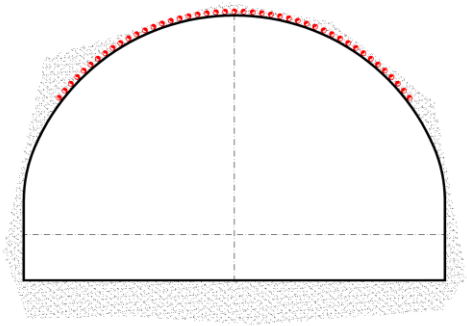
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**
  - → Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój
  - → **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**



- **METODA A.DE.CO. – R.S.**
  - → Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój
  - → **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 1 – Uprzednie nawiercenie, w konturze czoła tunelu, w celu wykonania zabezpieczenia łukowego w postaci obudowy wbijanej wyprzedzająco



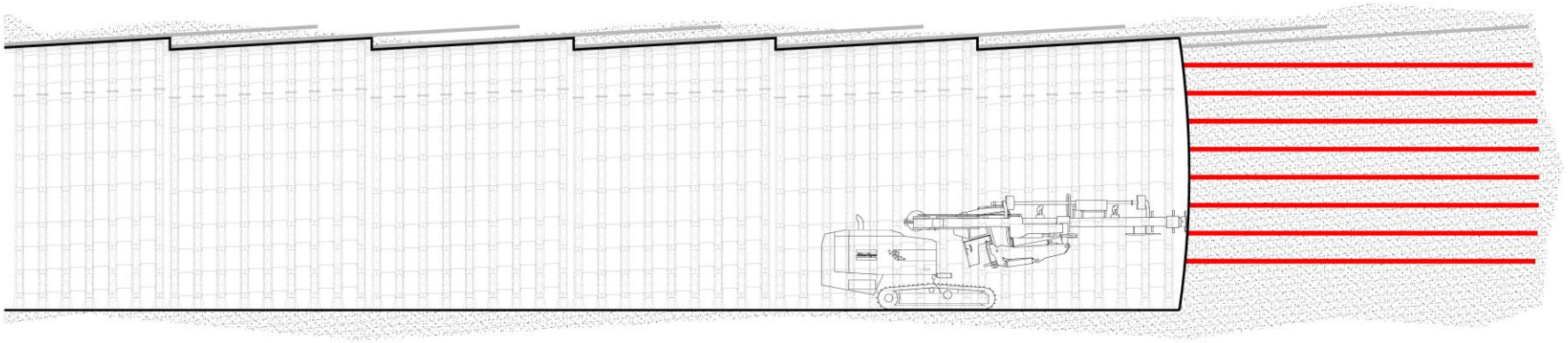


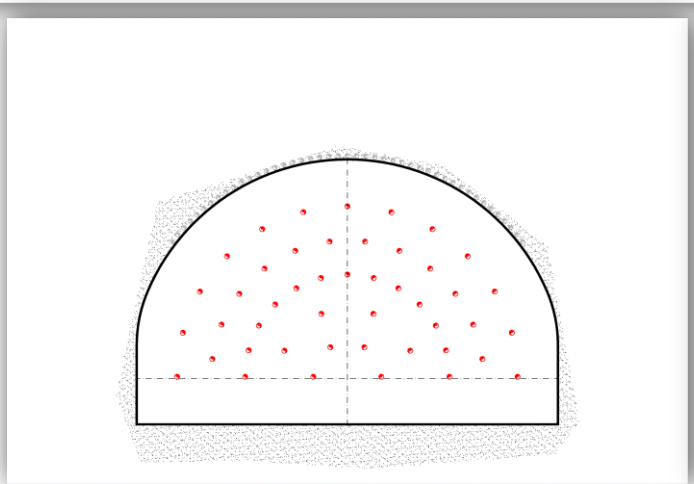
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 2 – Uprzednie wiercenie, od czoła tunelu w celu wykonania rur z włókna szklanego zmierzające do podniesienia parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych górotworu



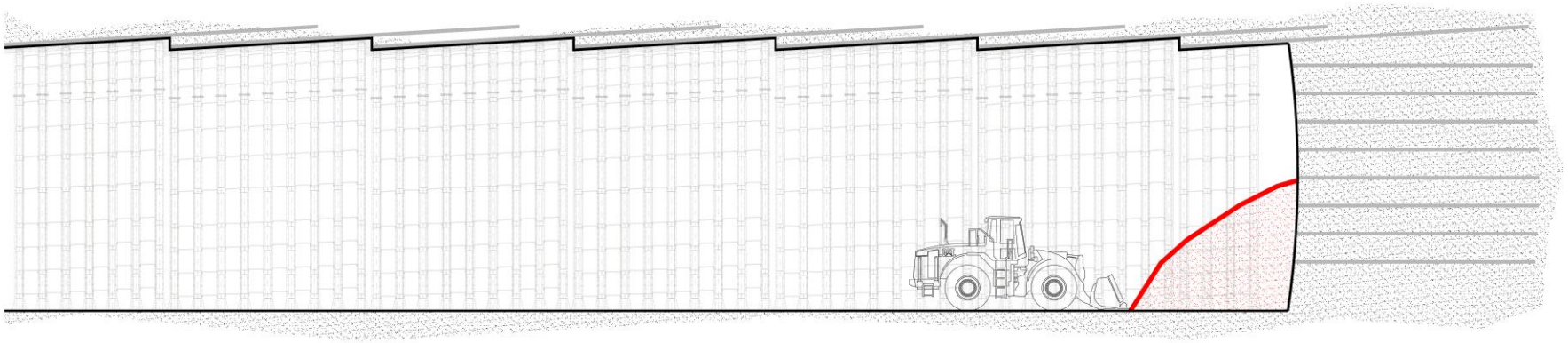


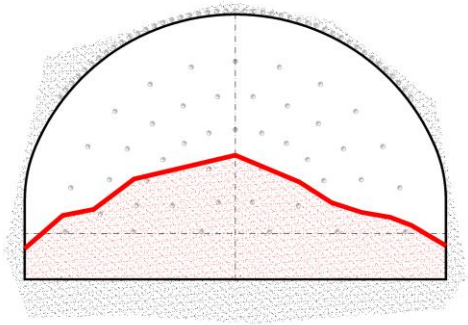
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 3 – Drążenie mechaniczne krok po kroku z użyciem młotów



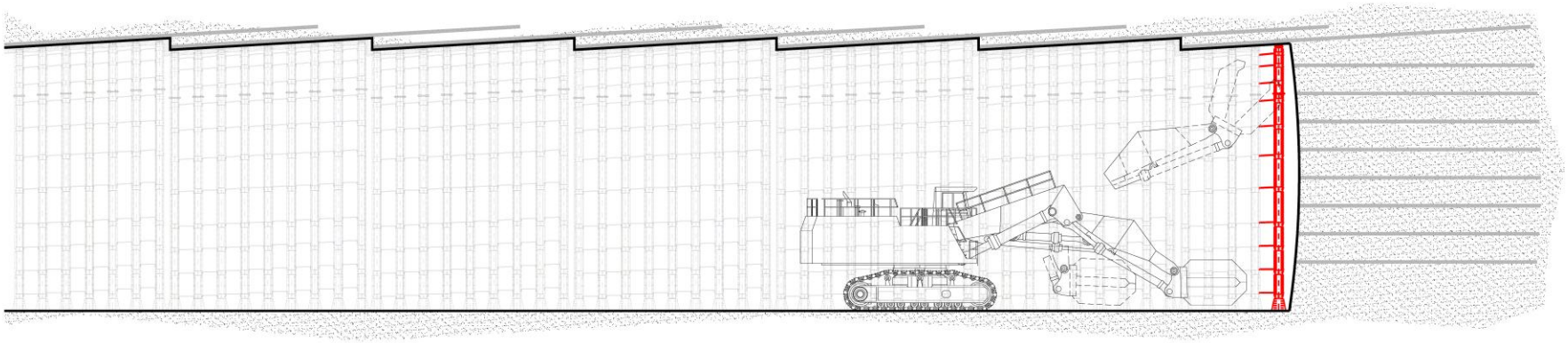


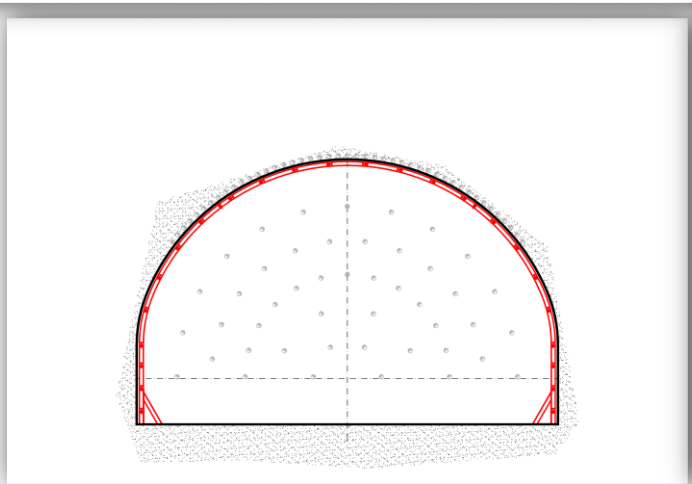
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 4 – Instalacja stalowych żeber, które są chwytane i unoszone przy użyciu szybkozłącza hydraulicznego zainstalowanego na koparce



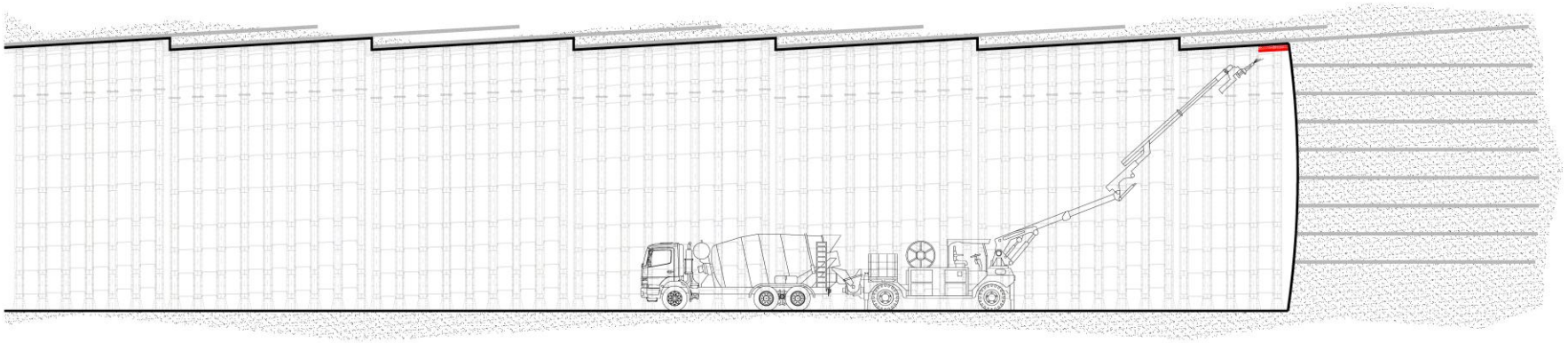


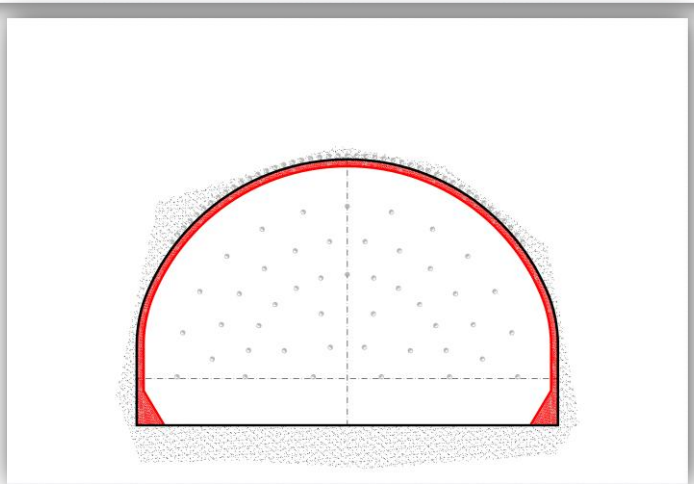
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 5 – Instalacja siatki stalowej oraz wykonanie torkretowania. Beton jest natryskiwany z poziomu platformy roboczej przy pomocy sprzętu, który pochyla się w kierunku lewo-prawo oraz góra-dół.



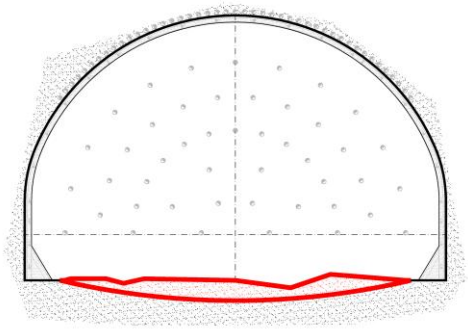


- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

PHASE 6 – Drążenie obszaru sklepienia dolnego z użyciem młotów – odległość od czoła tunelu zasadniczo zależy od warunków geologicznych

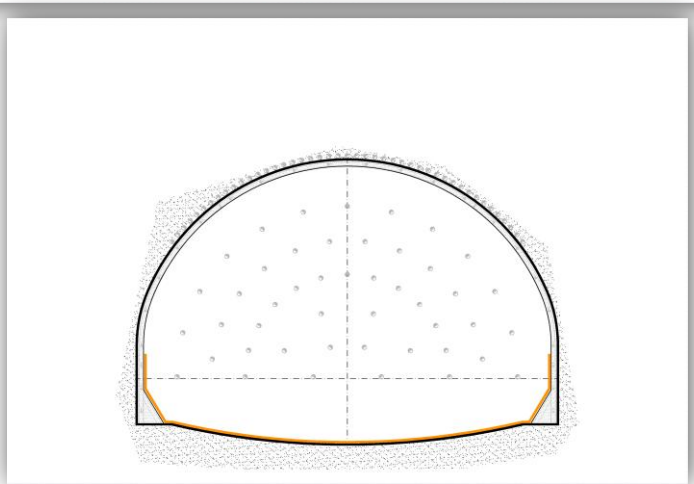


- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 7 – Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze sklepienia dolnego oraz ław

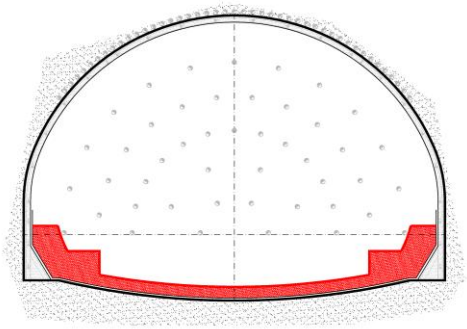


- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 8 – Betonowanie obszarów docelowego sklepienia dolnego i dolnych ław, blok po bloku - odległość od czoła tunelu jest tym mniejsza im gorsze są warunki geologiczne, w celu zamknięcia „pierścienia”

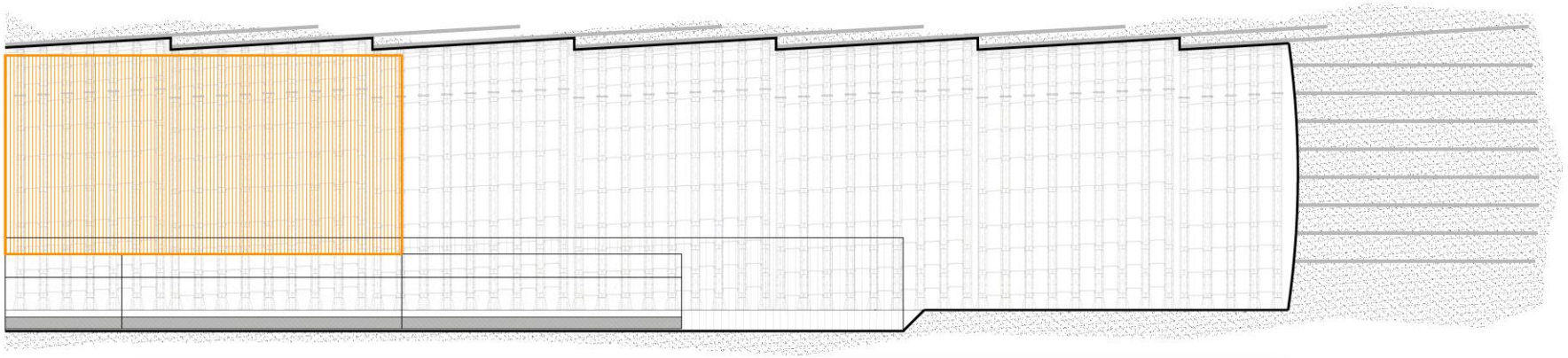


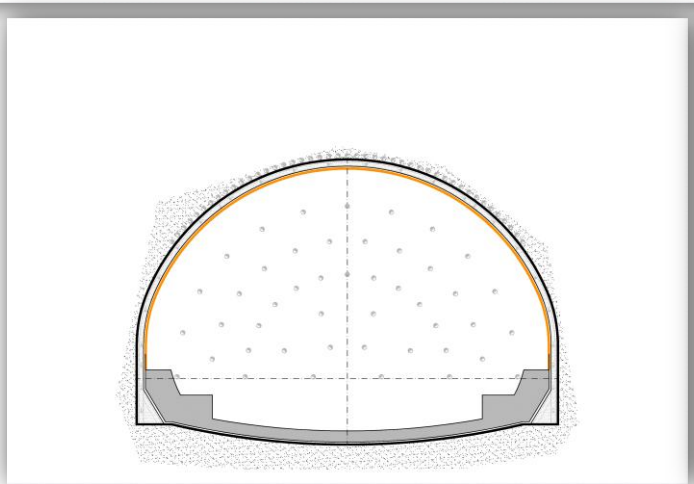
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 9 – Instalacja powłoki hydroizolacji w obszarze korony tunelu począwszy od obszaru dolnych ław przy użyciu doraźnego stalowego szalunku



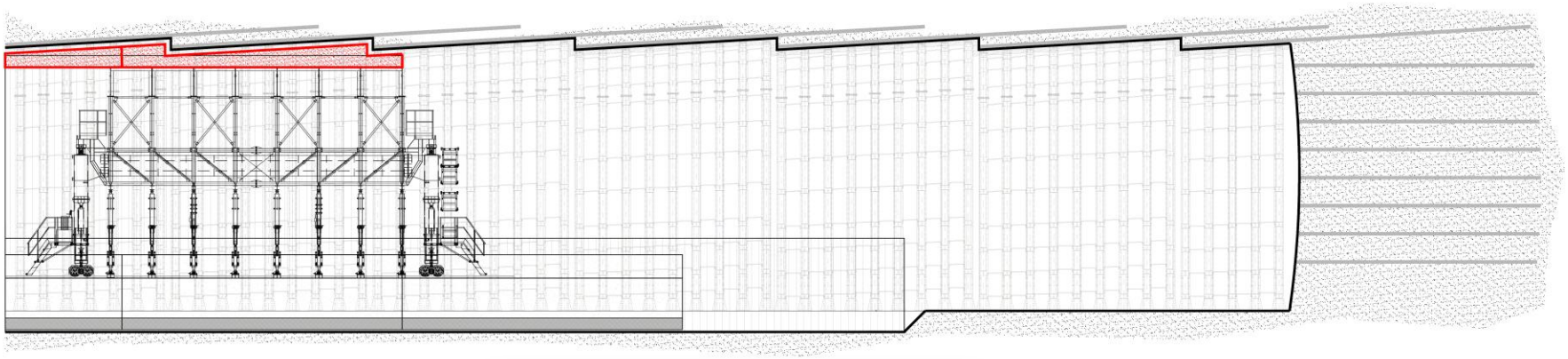


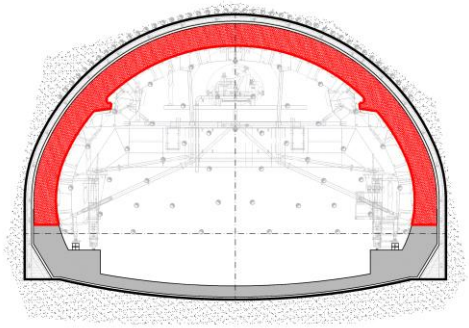
- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

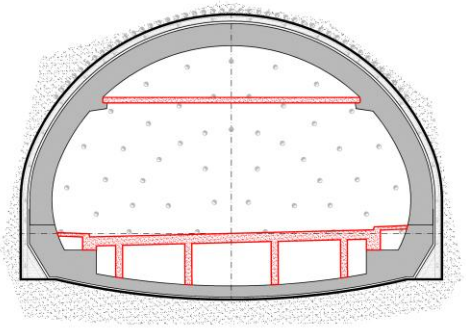
→ Budowa drogi ekspresowej S7 Kraków – Rabka Zdrój

→ **Drążenie w słabym materiale skalnym (głównie flisz – łupki)**

ETAP 10 – Wykonanie obudowy ostatecznej ze zbrojonego betonu w obszarze korony tunelu z użyciem samonośnego, samoregulującego oraz samobieżnego szalunku





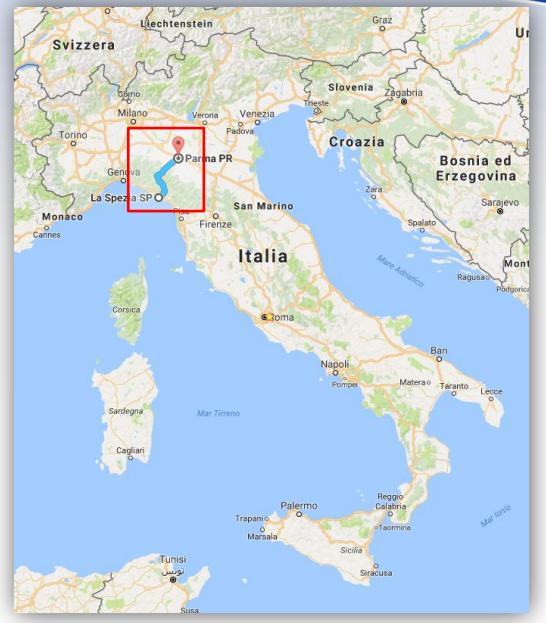


- **METODA A.DE.CO. – R.S.**

→ Doświadczenie w zbliżonych warunkach geologicznych

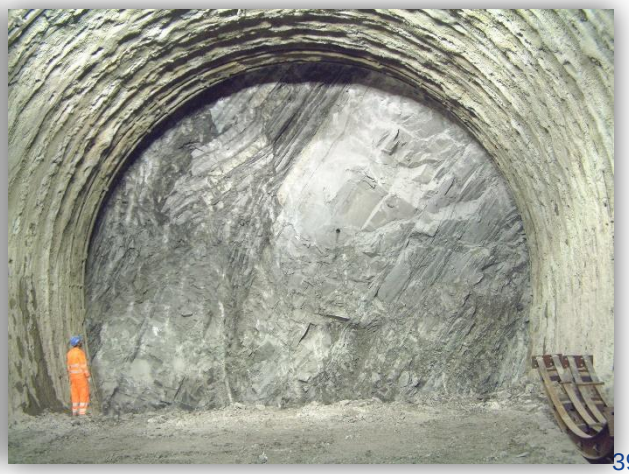
→ **Linia kolejowa Parma – La Spezia**

"**Marta Giulia**" jest najważniejszym tunelem w ciągu linii kolejowej Parma ↔ La Spezia.



Charakteryzuje go:

- Jedna komora z dwoma torami kolejowymi;
- 110m^3/m wydrążonego przekroju poprzecznego;
- Całkowita długość - 4122m;
- Wykop w pełnym przekroju, jednocześnie po obu stronach, przy zastosowaniu systemów mechanicznych oraz materiałów wybuchowych;
- Maksymalny nadkład 80m;
- Geologia: Flisz (wapień, margiel i łupki) związany również z ryzykiem występowania gazów kopalnianych



→ WNIOSKI

- Metoda A.DE.CO.-R.S. jest jedynym sposobem uwzględnienia interakcji pomiędzy górotworem oraz tymczasową / ostateczną obudową w zakresie relatywnej sztywności; uwzględnia również czas redukcji parametrów gruntu / skały począwszy od "niezakłóconej" konfiguracji.

- Metoda A.DE.CO.-R.S. jest decydująca, zwłaszcza w przypadku drążenia w trudnych warunkach geologicznych, tam gdzie zastosowanie N.A.T.M. jest niewykonalne ponieważ nie pozwala Projektantowi na uwzględnienie stabilizacji rdzenia tunelu przed wykonaniem drążenia.

- Podsumowując, metoda A.DE.CO.-R.S. jest inżynieryjnym (nie eksperymentalnym) podejściem do projektowania tunelu i opiera swoją innowacyjność na kontroli deformacji/odkształceń (głównie pre-konwergencja oraz ekstruzja), tak aby zapewnić warunki równowagi oraz zminimalizować obciążenia na obudowie tymczasowej i ostatecznej. W efekcie tych rozważań, możliwe jest: wykonanie tunelu w bezpieczniejszych warunkach, zminimalizowanie ryzyka przestoju w związku nieprzewidzianymi warunkami geologicznymi a później nieprzewidzianą reakcją naprężenie-odkształcenie podpór, usystematyzowanie procesu produkcyjnego, a następnie znaczące zredukowanie czasochłonności wykonania.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ