

Konvenční ražby.
Revize současných poznatků v
navrhování a realizaci.

TO 1

13. březen 2024

Karel Rössler, Metrostav a.s.

Konvenční ražby

- **Výhody:** přístup k čelbě a ke stěnám výrubu .
- **Nevýhody:** Potýká se s nejistotami a vyžaduje kompetentnost.
- NRTM, Drill and Blast, ADECCO, SCL, Lasershell, SEM (sekvenční).

28 let od publikování zprávy HSE (1996)

- 1996 - po sérii tunelových havárií završené propadem tunelu na letišti Heathrow byla zpochybňována bezpečnost NRTM.
- Jak byly závěry zprávy HSE uplatňovány v průběhu 28 let?

Zpráva HSE 1996 o bezpečnosti NRTM

Závěry:

1. Principy NRTM jsou v pořádku ale:
2. **Kompetentnost** všech účastníků je klíčová. (Poz.: získaná konfrontací reality a předpokladů.)
3. Vyžaduje **Řízení rizik** - NRTM vždy obsahuje významné nejistoty.
4. Minimalizování vlivu **lidských chyb**.
5. Návrh by měl být **robustní**. (Poz.: zahrnovat nejistoty, lidský faktor, neočekávané podmínky a vliv lokálních porušení v praktické míře.)
6. **Observační metoda** není metoda pro vytváření změn v průběhu ražby, nýbrž je to proces pro revizi **v předstihu** navržených opatření.
7. **Největší rizika jsou na čelbě** a v blízkosti čelby před dokončením primárního ostění.
8. **Monitoring nezajistí stabilitu čelby**. (Poz.: ani za čelbou pokud hrozí křehké porušení nebo vytvoření smykových ploch.)
9. Projekty, kde hrozí **katastrofální dopad kolapsu** musí mít **alternativní řešení**. (Poz.: řešení by mělo být vybráno posouzením rizik více řešení a nikoli deterministickým výpočtem pro jedno řešení s jedním výsledkem.)

Trvalá rizika tunelových staveb a opatření pro jejich zmírnění.

1x	Neočekávané podmínky x	Opatření x
x	<ul style="list-style-type: none"> • → Geologická proměnlivost. ¶ • → Zlomy, poruchy. ¶ • → Přítoky vody. ¶ • → Podzemní překážky. x 	<ul style="list-style-type: none"> • → Detailní IG průzkum. ¶ • → Sondování během ražby. ¶ • → Analýza rizik. x
2x	Nejistoty návrhu x	Opatření x
x	<ul style="list-style-type: none"> • → Proměnlivost chování hornin. ¶ • → Vliv technologie ražeb a spolupůsobení výztuže s horninou. ¶ • → Omezená kapacita výpočtových modelů. x 	<ul style="list-style-type: none"> • → Zkušenost a kompetentnost. ¶ • → Robustnost návrhu. ¶ • → Observační metoda, monitoring. ¶ • → Tunelové normy, směrnice, pokyny. x
3x	Lidský faktor. x	Opatření x
x	<ul style="list-style-type: none"> • → Nedostatek pozornosti při návrhu. ¶ • → Nedbalost, opomenutí v realizaci. ¶ • → Nedostatek náležité péče. x 	<ul style="list-style-type: none"> • → Nezávislá kontrola návrhu. ¶ • → Nezávislý stavební dozor. ¶ • → Rozdělení odpovědnosti. x

Tunel Žilina – Úvod – Opatření pro snížení rizik

- Tunel Žilina prověřil v účinnost prakticky všech typu vyztuží které se v konvenčních ražbách objevují.
- Skřípkovitě rozpadavý zvětralý jílovec, nízkou soudržnost, nízký modul deformace < 50 MPa, úhel vnitřního tření blízký k 0.
Neinjektovatelnost.
- Tvrdé úlomky jílovce v měkkém jílu.
- Nesourodá kombinace nesoudržnost štěrku a měkkého chování jílu.
- Nestabilní čelba, sypání skrz deštníky, došlo ke 3 komínům.
- Poklesy ostění až 20cm, provedena reprofilace.



Nositelem rizik je hornina

- Nejistoty **geologické**, neočekávaných geologických struktur.
- Nejistoty **geotechnické** v parametrech a chování horniny.
- Nejistoty **technologické** v nejistém spolupůsobení výztuže a horniny.
- Nejistoty **statického výpočtu** modelovat typy horninového chování a předvídat mechanismus porušení.

Typy primární výztuže

- Pro daný **typ horninového chování**.
- Pro dané **místo a aktivaci** podél tunelu.
- Pro velikost a **typ zatížení** nebo **mechanismus porušení**.

Rizika primární výztuže v závislosti na kvalitě horniny:

1. **Vysoká:** Svorníky, deštníky, injektáže.
2. **Nízká:** Oblouk Žlb. ostění.

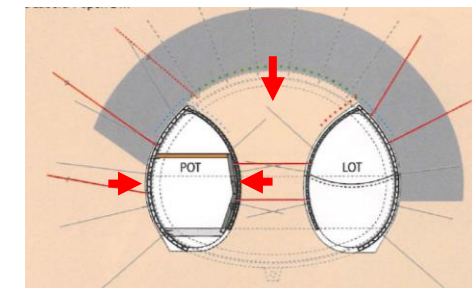
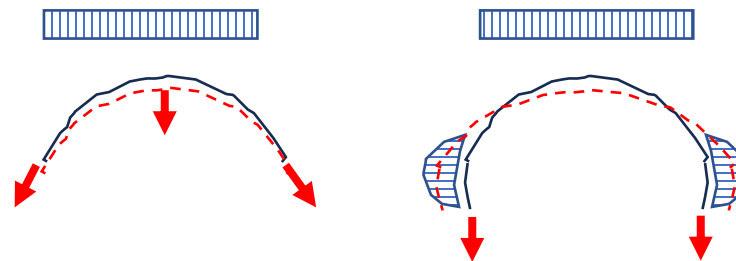
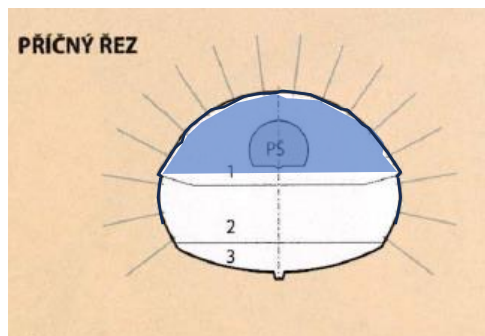
Účinnost výztuže závislé na kvalitě horniny.

- **Svorníky** v měkké, sypké, nebo plastické nebo v deformační zóně.
- **Injektáže** v neinjektovatelné hornině.
- **Deštníky** neschopné podpořit horninový oblouk nebo v sypké hornině

Tyto prvky představují riziko, pokud je na ně spoléháno v podmínkách **plně rozvinutého horninového zatížení** nebo tam, kde síly vytvořené podél smykových ploch **převyšují kapacitu těchto opatření.**

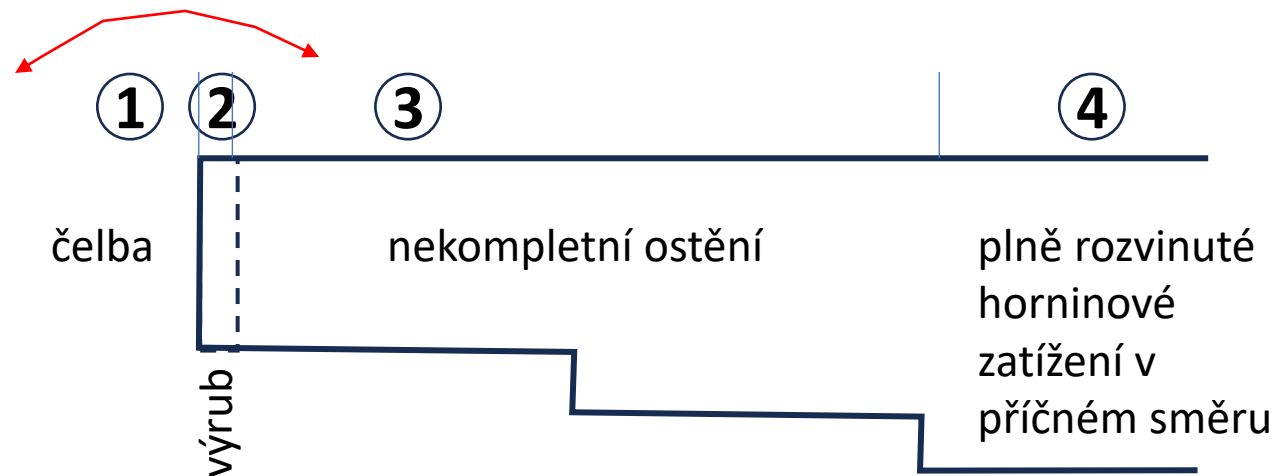
Oblouk žlb. stříkaného betonu

- **Nejúčinnější** zajištění tunelu.
- Spoléhá na **aktivaci tlakové normálové axiální síly**, která zvyšuje smykovou a ohybovou pevnost.
- Oblouk vyžaduje **tuhou podporu** nebo **uzavřené spodní dno**.
- Vyžaduje tvar pro využití **pasivního odporu horniny**.
- Ploché oblouky a čočkovitý tvar tunelu představují **riziko**.



Využití výztuže

1. Čelba a předpolí čelby.
2. Stěny výrubu.
3. Nekompletní primární ostění.
4. Kompletní primární ostění v prostředí plně rozvinutého horninového zatížení.



V oblastech čelby, 1. a 2., se výhodně využívají **Injektáže, kotvení čelby, deštníky** pro **prodloužení doby stability**, která umožní instalaci ostění stříkaného betonu. **Rizika výztuže jsou snížena** díky přítomnosti čelby, která přenáší horninové zatížení v podélném směru mezi ostěním a čelbou.

Tunel Žilina - Závěr

- **Účinná výztuž:**

- Žlb stříkané ostění s včasným uzavíráním dna 16m od čelby. (pro stabilitu ostění)
- Plochá, dočasná (krátká) protiklenba v kalotě. (pro stabilitu ostění)
- Tlaková etážová cementová injektáž s kontrolou tlaků a objemů (pro stabilitu čelby).

- **Neúčinná výztuž:**

- Kotvení čelby, 170mm injektáží vyplněné kotevní sloupce.
- Jehlové deštníky.
- Radiální svorníky.
- Drenáž v předstihu čelby.
- Chemické injektáže (bez etáží, bez kontroly tlaku).
- Sloní nohy.