

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA

**Katedra geotechniky a podzemního
stavitelství**

PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ
PŘEDNÁŠKY

1 ROZDĚLENÍ A HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB

1.1 Rozdělení podzemních staveb

Dle dispozičního řešení

- Liniové stavby (štoly, tunely)
- galerie
- kolektory
- Kaverny
- Jámy
- Šachty, šachtice a komíny

Dle účelu

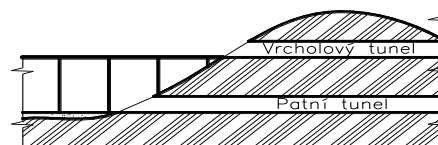
- Dopravní štoly a tunely
- Komunální štoly a tunely
- Vodohospodářské štoly a tunely
- Halové podzemní stavby
- Šachty

Dle způsobu výstavby

- Ražené klasické metody ražení pomocí TP
 pomocí razících mechanismů
- Hloubené
- Kombinované, výstavba systémem „želva“
- Zасыpávané
- Speciální výstavba ve složitých podmínkách

Dle vedení trasy díla

- Vrcholové
- Patní
- V přímém směru
- V oblouku
- Ve spirále

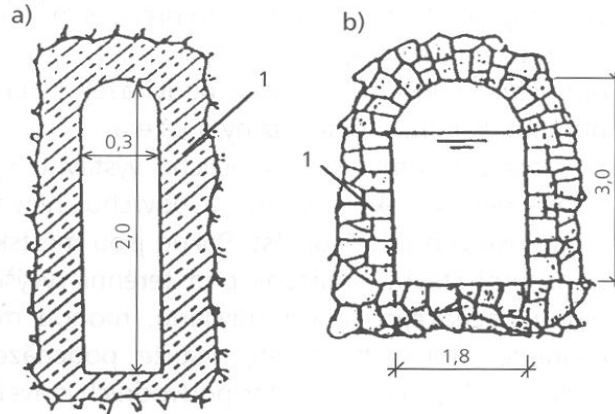


1.2 Historie podzemního stavitelství

Pravěk - využívání přirozených podzemních prostor

Mezopotámie - první cílené podzemní stavby

Starověk – **Egypt** (hrobky pod pyramidami), **Řecko** (Starý Aténský vodovod), **Řím** (ohnivá metoda, vodovody, akvadukty)



Příčné řezy starověkých štol

a) vodovodní štola v Aténách, b) štola na odvodnění Fucinského jezera;
 1 – kamenné zdivo

- Ražení štol a tunelů (vodohospodářských a komunikačních) je známo od pradávna
- Egypt (cca 3 000 př. Kr.) – raženy ve skále hrobky spojené s povrchem chodbami
- Jerusalém (cca 1 000 př. Kr.) – tunel dl. 537 m, přivádějící vodu od pramenů Wadi Bijar a Wadi Arrub, částečně obezděný (1. známý vodohospodářský tunel)
- Babylón (604 – 561 př. Kr.) – podzemní chodba dl. cca 900 m, spojující vladařův palác s chrámem, pod korytem Eufratu (během stavby přeloženého), vyzděná z cihel s asfaltovým pojivem (**vynález klenby** = 1. hloubená PS)

Za císaře Vespasiána: vodovody pro Řím, Lyon, Nimes [Pont du Gard]

Římané obohatili technologii rozpojování horniny železkem a mlátkem sázením ohně a ochlazováním rozpálené horniny vodou, případně klíny z tvrdého dřeva zaraženými v puklinách a polévanými vodou (postupy cm/den).

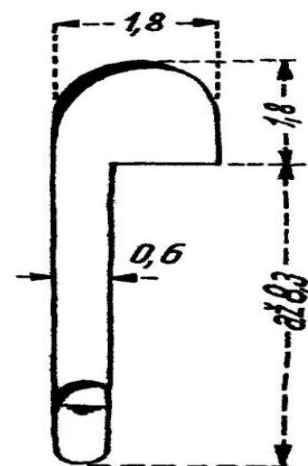
Po pádu Říma – hluboký úpadek těchto prací; jediná větší podzemní stavba = pokus o proražení silničního tunelu mezi Janovem a Nizzou (započat 1450, nedokončen)

Ostrov Samos (535 – 522 př. Kr.) – vodovodní štola (dl. cca 1 000 m)

1. stol. Př. Kr. **silniční tunel pod horou Posilipo** z Neapole do Puzzuoli (dl. 1 100 m, š. 7 m, v. 8 m, sloužil až do r. 1925 zcela neobezděněn)

Etruskové - klenba z kamenných kvádrů

Římané objevili cement - řada staveb vodovodních a stokových



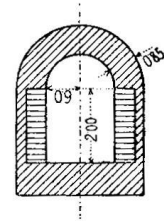
Za císaře Claudia: vodovodní tunel pod horou Salviho pro vysušení jezera Fucinského (Trasimentského) – (dl. 5 653 m, stavba 11 let, 30 000 dělníků – převážně otroků; – volný průřez 10 m² byl v tlačivé zemině zmenšen až na 4 m²)

CLAUDIOVO

EMISSARIUM

Raný novověk – podzemí ve městech (sklady, únikové cesty, odvodňovací systémy)

V ČR Jihlava (cca 25 km, 50 000 m²), Znojmo (přes 20 km), Tábor, Plzeň apod.



První podzemní stavba pouze inženýrského určení v ČR je **Rudolfova štola** v Praze. Dodnes funkční



Středověk – úpadek v podzemním stavitelství, podzemní díla jen součástí hradů + hornictví

16 st. - G.Agricola, u nás Rudolfova štola (použita ohnivá metoda+mlátek a kladivo)

17 st. - Banská Štiavnica (poprvé užít k rozpojování střelný prach)-1627

18 st. – nejvýznamnější plavební kanály (Francie, Anglie)

1.3 ŽELEZNIČNÍ TUNELY - 18-21 st.

Přelom 18-19 st. - počátek Zlatého věku (první Anglie, u nás např. Třebovický tunel)

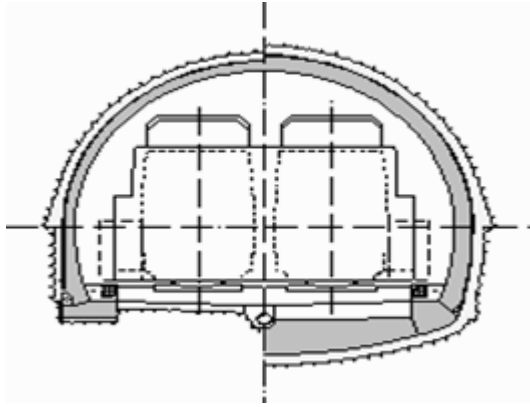
Zásadní rozvoj tunelářství = železnice

Již na 1. trati (Liverpool – Manchester, 1826-1830) vybudoval Stephenson 1. a 2. železniční tunel

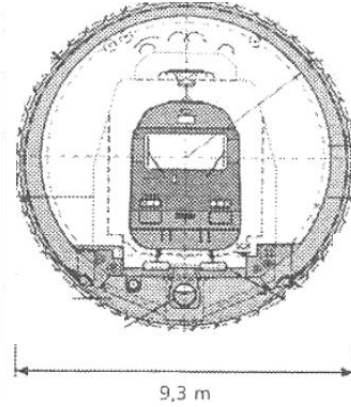
Přelom 19-20 st. – éra velkých transalpských tunelů, ražených klasickými metodami (např. St.Gotthard, Simplon), u nás např. Plzeňský

Období po druhé světové válce – boom ve výstavbě tunelů z důvodu modernizace železničních sítí (Japonsko – tunel Seikan – nejdelší na světě, Francie – Eurotunnel – nejdelší v Evropě)

Současnost – Čína, Švýcarsko-projekt Alp Transit(Gotthard-ražen pomocí TBM, v budoucnu nový nejdelší tunel na světě), ČR-tunely budované v rámci modernizace železničních tratí



Příčný řez tunelem Krasikov raženým NRTM



Příčný řez jednou troubou Gotthardského tunelu raženého pomocí TBM

Nejdelší světové železniční tunely

1. 53.9 km Seikan 1988 Japonsko
2. 50.0 km Channel 1993 Evropa (Velká Británie-Francie)
3. 22.2 km Daishimizu 1982 Japonsko
4. 19.8 km Simplon II* 1922 Evropa (Švýcarsko-Itálie)
5. 19.7 km Simplon I* 1906 Evropa (Švýcarsko-Itálie)
6. 19.1 km Vereina 1999 Evropa (Švýcarsko) (*Úzký rozchod*)
7. 18.7 km Shin-Kanmon 1975 Japan
8. 18.5 km Apennine 1934 Evropa (Itálie)
9. 16.3 km Rokko 1971 Japonsko
10. 16.0 km Sciliar 1993 Evropa (Itálie)
11. 15.8 km Henderson 1975 USA (Colorado;)
12. 15.4 km Haruna 1982 Japonsko
13. 15.3 km Furka 1981 Evropa (Švýcarsko)
14. 15.0 km Gotthard 1882 Evropa (Švýcarsko)
15. 15.0 km Serre 1990 Evropa (Itálie)
16. 15.0 km Udine-Travisio] 1997 Evropa (Itálie)
17. 14.9 km Nakayama 1982 Japonsko
18. 14.6 km Lötschberg 1913 Evropa (Švýcarsko)
19. 14.6 km Mt. MacDonald 1988 Kanada
20. 14.3 km Ta-yao Shan 1988 Čína

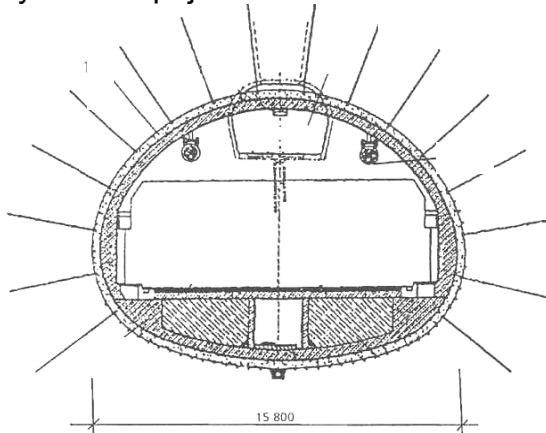
Poznámka: Simplon I a Simplon II jsou v soupisu uvedeny jako dva tunely proto, že třebaže jsou souběžné, byly dokončeny v odlišném čase jako oddělené projekty

Železniční tunely na ČD

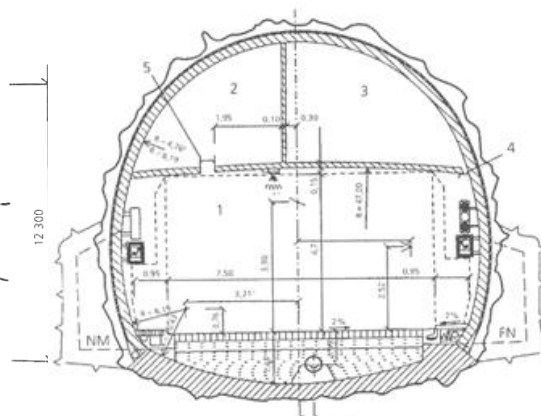
- ČD je 149 tunelů (stavebně jednokolejných 88/17,919 km; stavebně dNa tratích vukolejných 61/18,592 km)
- 31 tunelů je provozováno dvoukolejně
- 30 původně stavebně dvoukolejných je provozováno jen při položení jedné koleje
- Délka tunelů na síti ČD = 36,511 km (tj. 0,4% celkové délky tratí normálního rozchodu)
- Nejdelší tunel ČD je **Špičácký** na trati Železná Ruda-Plzeň (dl. 1 747 m); měl by jej překonat tunel **Březno** (dl. 1 758? m)
- Nejkratší tunel ČD je **1. Nelahozeveský** (dl. 23,3 m)
- Nejstarší tunely ČD jsou z r. 1845 **Tatenický – Krasíkovský** (dvoukolejný, dl. 146 m) a **Třebovický** (jednokolejný, dl. 512,5 m)
- Nejdelším tunelem v bývalé ČSR byl tunel **Dr. E. Beneše** na trati Banská Bystrica-Diviaky (1936-1939, jednokolejný, dl. 4 698 m)

1.4 Silniční a dálniční tunely - 20-21 st.

- **Počátek 20 st.** – hlavně Amerika, Německo od 30tých letech
- **2 pol. 20 st.** – Japonsko, výstavba alpských silničních tunelů, nejdelší je v Norsku (Aurland-Laerdal)
- **Počátek 21 st.** – Čína, přesun výstavby z nejvyspělejších zemí světa na východ, v ČR výstavba spojena s budováním dálniční sítě a obchvatů měst.



Příčný řez tunelem Mrázovka
(Rakousko)



Příčný řez tunelem Arlbergský

Nejdelší světové silniční tunely

1. **Norway Laerdal 24 510 m** 27.11.2000 (na trase Oslo – Bergen, doba stavby 6 let – bez úrazu!, š. 9 m, v. 6 m, tl. ostění 25 cm drátkobetonu)
2. **China Zhongnanshan** (2 roury) **18 040 m** (zahájen 2001) 2009
3. **Switzerland St. Gotthard / San Gottardo** (dvě roury) **16 918 m** 5.09.1980 (po požáru 2001 znovu otevřen 21.12.2001; redukována kapacita s minimální vzdáleností vozidel 150 m)

4. **Austria Arlberg 13 972 m** 1.12.1978
5. **China (Taiwan) Hsuehshan** (dvojitý tunel + služební) **12 900 m** (servisní 1991-1992; tunely zahájeny 1996) 12.2005
6. **France - Italy Fréjus 12 895 m** 12.07.1980
7. **France - Italy Mont-Blanc / Monte Bianco 11 611 m** 19.07.1965 (po požáru 1999 znovu otevřen 9.3.2002)
8. **Norway Gudvanga 11 428 m** 17.12.1991
9. **Norway Folgefonn 11 150 m** 15.06.2001
10. **Japan Kan-etsu** (jižní směrová roura) **11 055 m** 1991
11. **Japan Kan-etsu** (severní směrová roura) **10 926 m** 1985
12. **Japan Hida** (+ nouzový tunel) **10 750 m** (hlavní tunel zahájen 2000) 2010
13. **Italy Gran Sasso d'Italia** (východní směr) **10 176 m** 1.12.1984
14. **Italy Gran Sasso d'Italia** (západní směr) **10 173 m** 1995
15. **France Le tunnel Est** (Rueil - Malmaison à Versailles) **10 000 m** 2004 - 2006

Silniční tunely v ČR

Vyšehradský tunel 1903 (1 roura, dl. 35 m)

Letenský tunel 1950-53, (1 roura, dl. 423 m; š. 10,3 m; v. 6,5 m)

Těšnovský tunel 1980 (2 roury, dl. 360 m)

Strahovský tunel 1985-97 (2 roury, dl. 2 km, Ø 125 m², 5,6 mld. Kč)

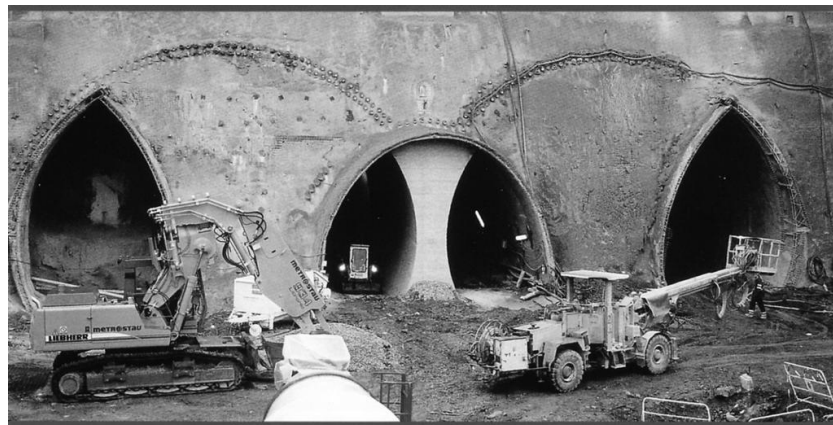
Valík – D5 (obchvat Plzně) 2004-2005? (2 roury, dl. 380 m)



Vyšehradský tunel



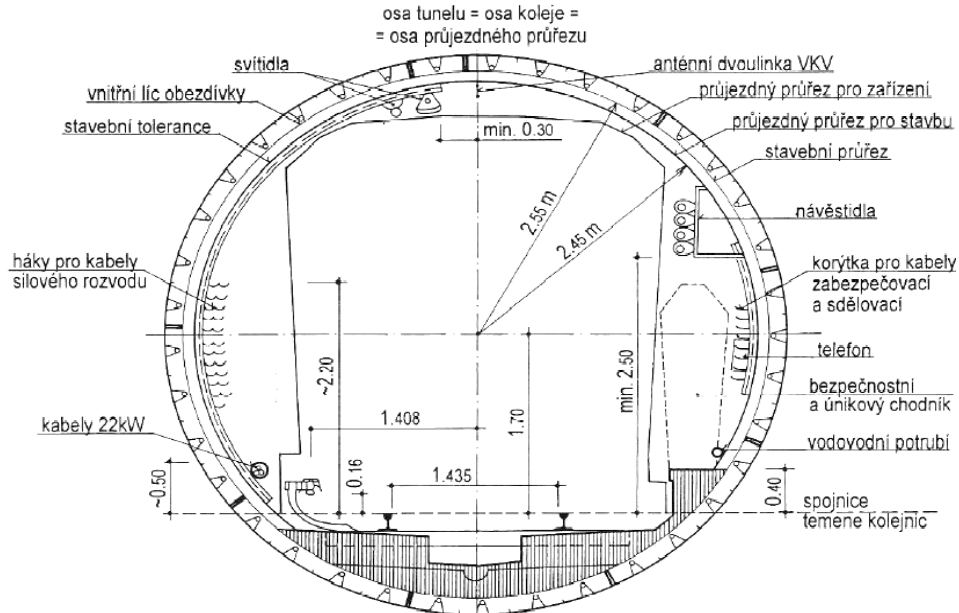
Letenský tunel



Tunel Valík při výstavbě – středový ŽB pilíř

1.5 Metro - 19-21 st.

- Polovina 19 st. – Budapešťské metro – nejstarší
- Přelom 19-20st. – Metro v Londýně, poté v New Yorku
- 60 léta 20 st. – Počátek výstavby metra v Praze



Příčný řez tunelem pražského metra

Podzemní dráhy a metra ve velkých městech

- U. K. (1863) – 1. úsek metra v **Londýně** (Paddington St.-Finsbury St., provozován dodnes); 1878 – 2. metro v **Glasgow**
- Turecko (1874) – **Istanbul**, 2 stanice, dl. 573, fungovala beze změn až donedávna, dnes už rozšířená
- USA (1895) – **Boston**
- USA (1869) – 1. pokusy o výstavbu podzemní dráhy v **N.Y.** Ta posléze otevřena až 1904

1.6 Vodohospodářské stavby

20 st. – budování podzemních vojenských staveb, městský podzemní urbanismus, podzemní díla pro odpadní a energetické účely...



Přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně

Patronka tunelářů sv Barbora

- Stará barabácká hantýrka
- Pozdrav „Zdař Bůh!“
- Velmi namáhavá práce, ve stísněném a špatně osvětleném prostředí s nebezpečím úrazu či úmrtí
- Státní báňská správa ČR **Český báňský úřad – ČBÚ**



1.7 Rizika podzemních staveb

Prof. Zdeněk Eisenstein: U TUNELŮ SE NIKDY NEPODAŘÍ ELIMINOVAT RIZIKA!!!

Na rozdíl od ostatních konstrukcí, kde se to daří, resp. na rozdíl od ostatních geotechnických konstrukcí, kde se to více - (PLOŠNÉ ZÁKLAD) méně - (SVISLÉ OPĚRNÉ KONSTRUKCE)daří.

Rozdíl mezi podzemní stavbou a podzemním dobýváním nerostů

Podzemní stavba je provedena **v přesném trasování či situování a v přesném průřezu** podle návrhu tak, **aby byly omezeny** (nebo pod kontrolou) **deformace konstrukce i nadloží či povrchu území. Vyznačuje se technologickým vybavením** umožňujícím její funkci. Její **životnost a funkce je dlouhodobá** (stavební konstrukce min 100 let, technologické vybavení podstatně méně – např. u silničních tunelů cca 10 až 15 let).