



Přehled nejdelších světových železničních tunelů

Prof. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

3G Consulting Engineers s.r.o. a FSv ČVUT v Praze

Tunelářské odpoledne 1/2023 - 13.9.2023

DLOUHÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY V PROVOZU

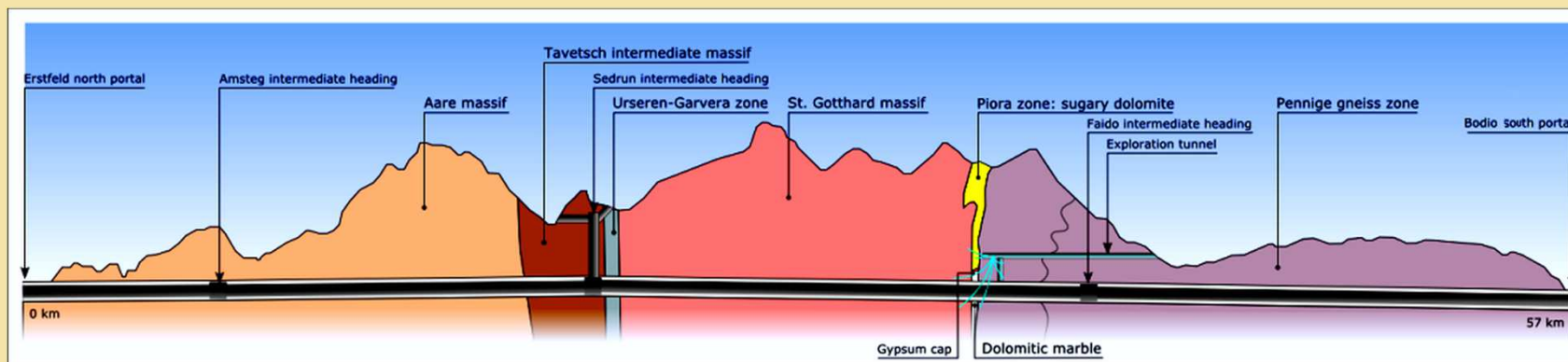
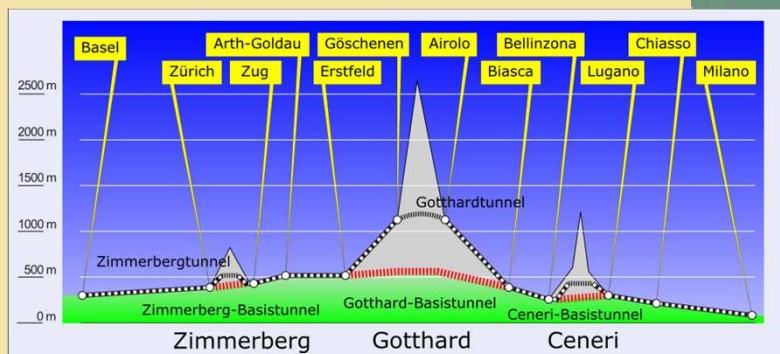
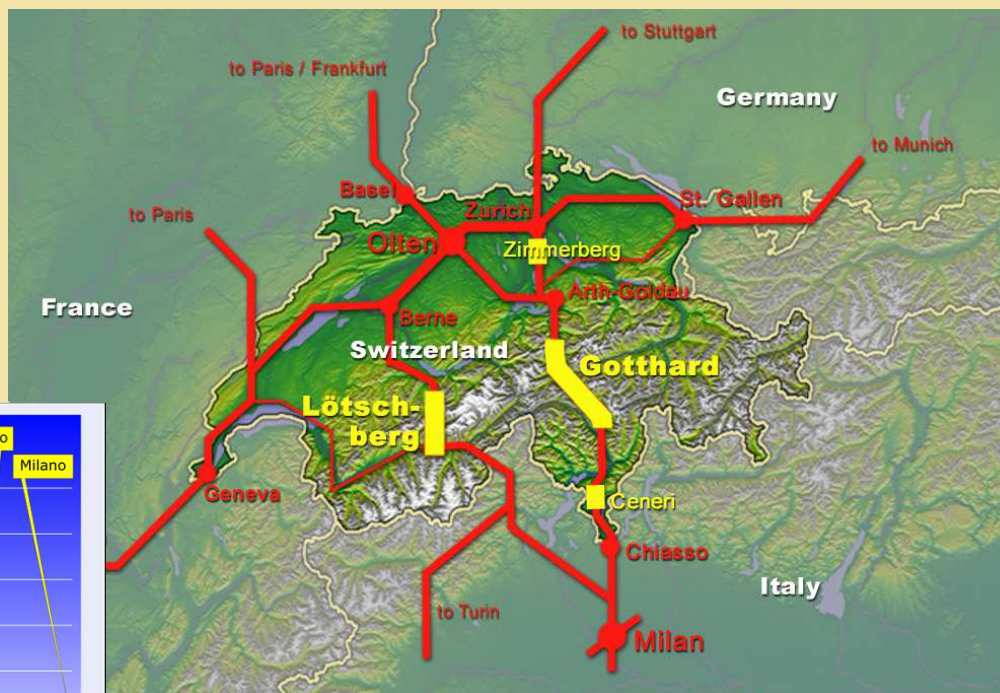


	Název	Umístění	Délka (km)	Zprovoznění
1.	Gotthard	Švýcarsko	57,1	2016
2.	Seikan	Japonsko	53,9	1988
3.	Eurotunel	Anglie - Francie	50,5	1994
4.	Yulhyeon	Jižní Korea	50,3	2016
5.	Songshan Lake	Čína	38,8	2016
6.	Shenzhen Hong Kong	Čína	35,7	2018
7.	Lötschberg	Švýcarsko	34,6	2007
8.	Guanjiao	Čína	32,6	2014
9.	Guadarrama	Španělsko	28,4	2007
10.	West Qinling	Čína	28,2	2016
11.	Taihang	Čína	27,8	2007
12.	Hakkoda	Japonsko	26,5	2010
	Simplon II	Švýcarsko	19,8	1922
	Simplon I	Švýcarsko	19,7	1906

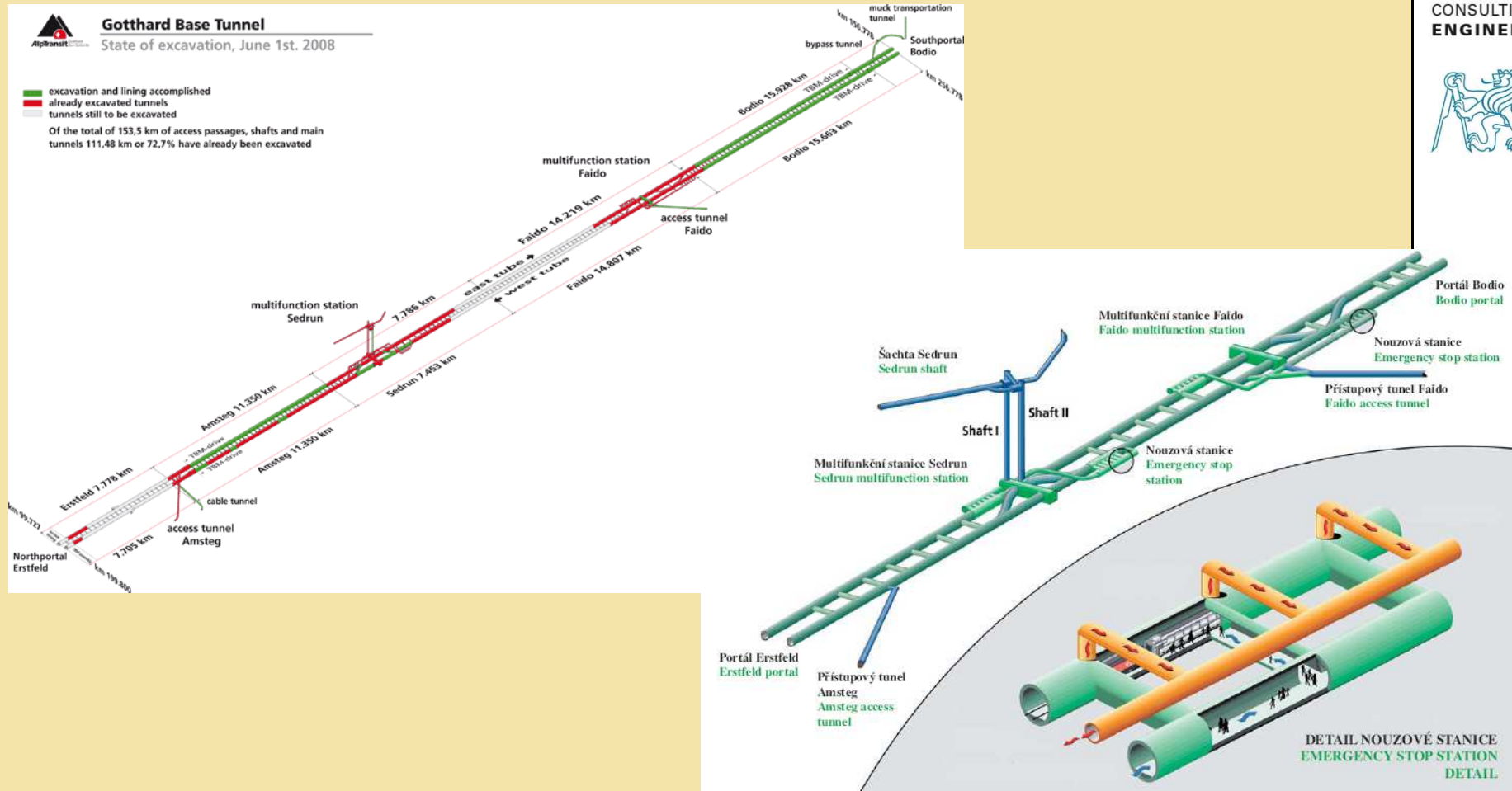
BÁZOVÝ TUNEL GOTTHARD (57,1 km)



- Umístění: Švýcarsko
- Trať: Curych - Miláno
- Rychlost: 250 km/h
- **Nadloží: 2,3 km**
- Výstavba: 1999 - 2015
- **Rozhodnutí: referendum**



BÁZOVÝ TUNEL GOTTHARD (57,1 km)



Dva jednokolejné tunely s propojkami po 325 m a dvě nouzové stanice
Stavba byla rozdělena na 5 částí, které prováděla různá sdružení firem

BÁZOVÝ TUNEL GOTTHARD (57,1 km)



Uvedení do provozu 1.6.2016



Slavnostní dokončení TBM
ražby na Sedrunu v roce 2010



Během stavby nedošlo k zásadním změnám harmonogramu a rozpočtu

TUNEL SEIKAN (53,9 km)

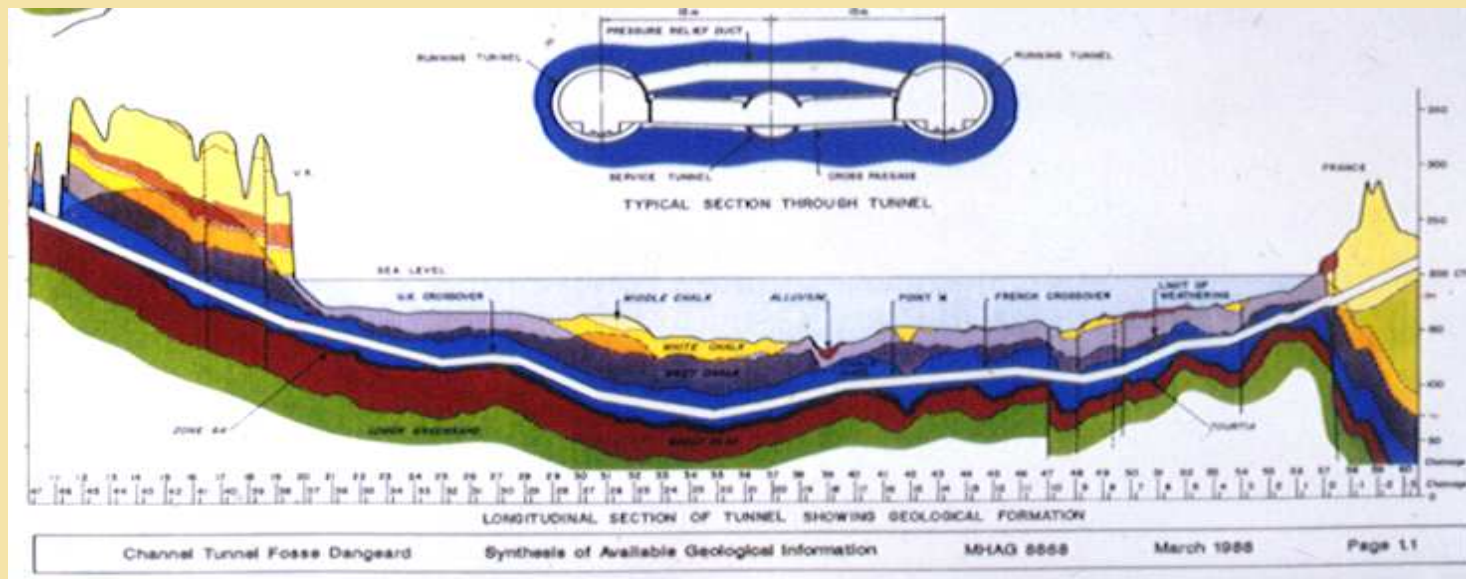
- Umístění: Japonsko (Tsugarský průliv mezi ostrovy Honshu and Hokkaido)
- 1954 – tajfun potopil 5 trajektů (1430 lidí zahynulo)
- 1964 – počátek přípravy
- 1971 – počátek výstavby
- **4 zaplavení tunelu během výstavby**
- 1988 – uvedení do provozu

- **Prodloužení doby výstavby (17 let)**
- **Nárůst ceny cca 12x (7 mld. USD)** (způsoben především inflací)



EUROTUNEL (50,5 km)

- Anglie - Francie (La Manche)
- 1987 – zahájení výstavby
- 1991 – propojení tunelů
- 1994 – uvedení do provozu
- 1996 – požár
- 2006 – bankrot investora

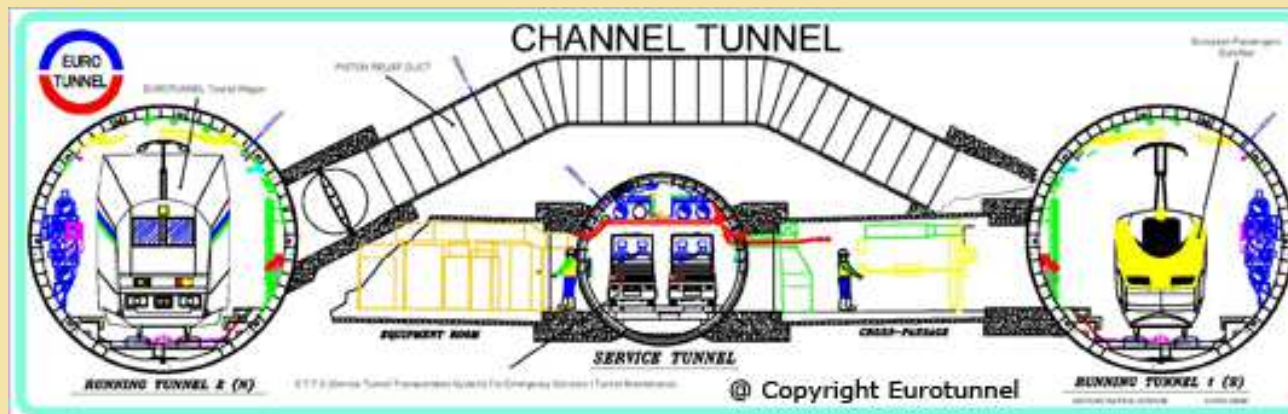


Podélný řez tunelem umístěným do vrstvy křída

EUROTUNEL (50,5 km) - uspořádání

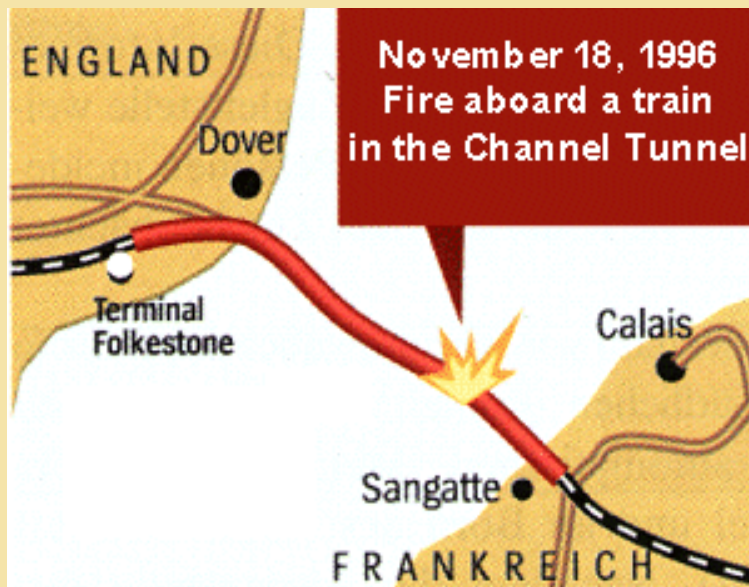


- Rychlost 160 km/h
- Dva jednokolejné tunely
- **Obslužný tunel**
- Propojky po 375 m
- **Kanálky pro vzduch po 250 m**
- **Vnitřní průměr 7,6 m**
- Dvě komory křížení
- 11 štítů (6 Anglie, 5 Francie)



EUROTUNEL (50,5 km) - požár

- 18.11.1996 hořící souprava směřující do Anglie vjela do tunelu
- Nákladní vlak zastavil 18 km od francouzského portálu
- 31 lidí evakuováno (bez zranění)
- 500 m železniční trati poškozeno
- 50 m tunelového ostění poškozeno
- Náklady na opravu cca 100 mil. USD



BÁZOVÝ TUNEL LOTSCHBERG (34,6 km)



- Umístění: Švýcarsko (Alpy)
- Rychlost 250 km/h
- Výstavba: 1994 - 2007
- **Částečně jeden tunel a štola**
- Propojky po 333 m
- Dvě multifunkční stanice
- 40% rubaniny recyklováno
- Pokles vesnice St. Germain
- Chlazení během ražeb na 28°C



TUNEL GUADARRAMA (28,4 km)

3G

IGUE
NG
RS

8
5

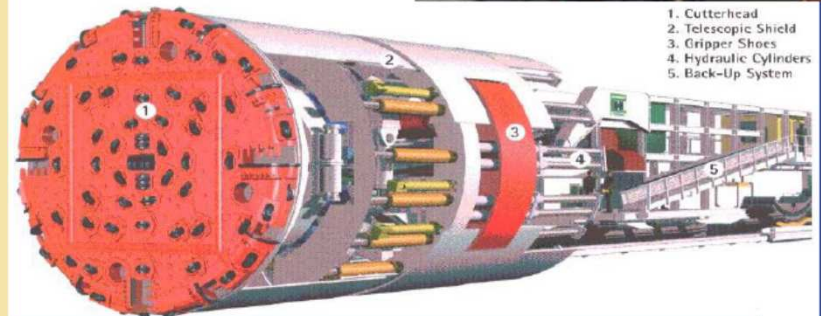
- Umístění: Španělsko
- Výstavba: 2002 - 2007
- Rychlost: 350 km/h
- Nadloží: 900 m
- Koncept: Dva jednokolejné
- Střední nouzová stanice (500 m)
- Ražba: 4 dvojité štíty
- 22% rubaniny recyklováno (segmenty, injektáž segmentů)

GUADARRAMA TUNNEL

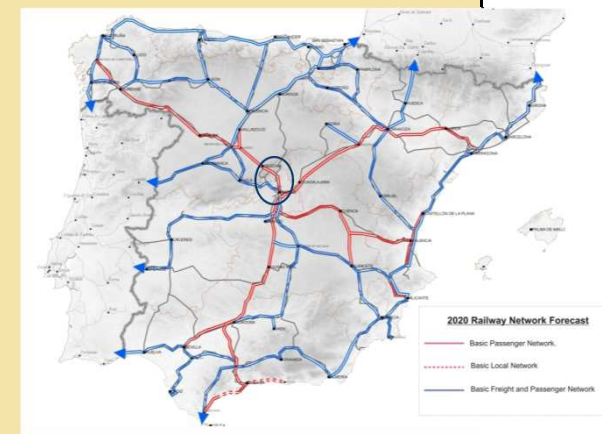
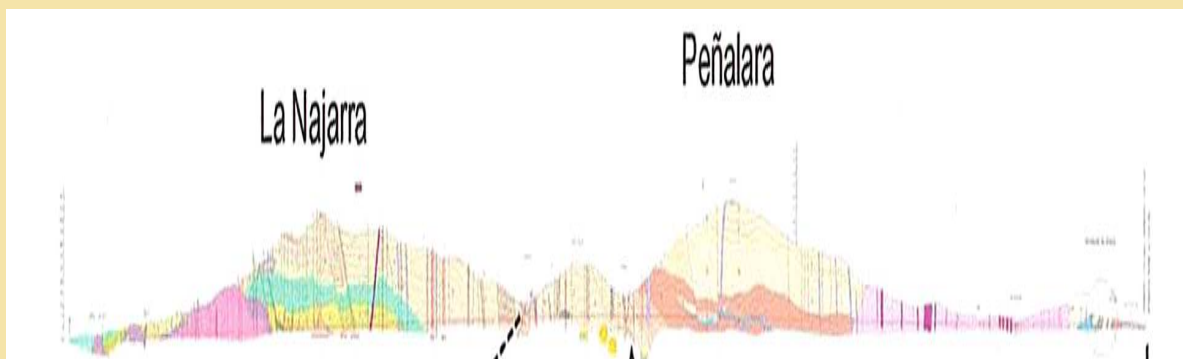
Tunnel project:
Guadarrama, Spain - Railway tunnel
Tunnel length: 2 x 14,500m
Geology: granite, gneiss, fault zones

Machine data:
2 x Hard Rock Double Shield TBM, Ø 9.51m,
Cutterhead power 5,500kW, Weight 1,650t,
Length 220m

Contractor / JV:
S-201: FCC, ACS, Ferrovial
S-202: Comsa, Dragados, Neosco, Ohl, Saeyr

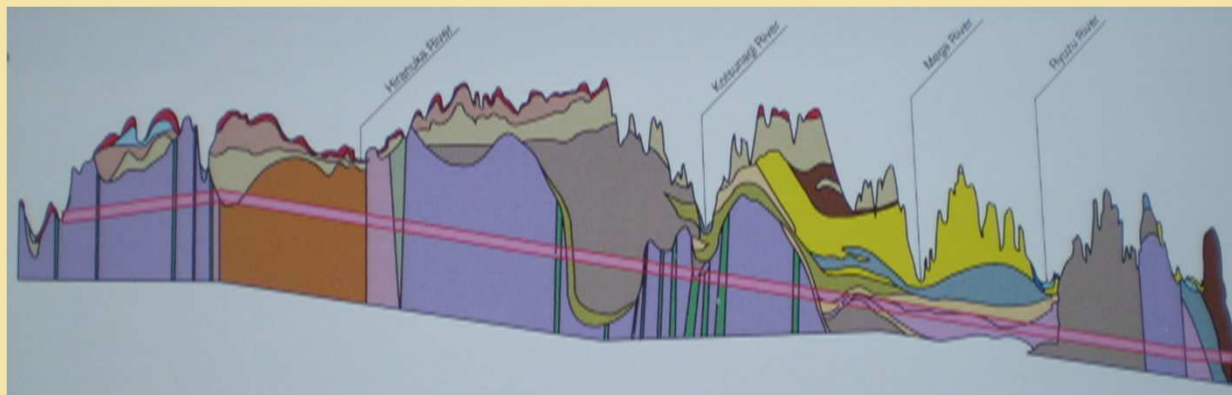
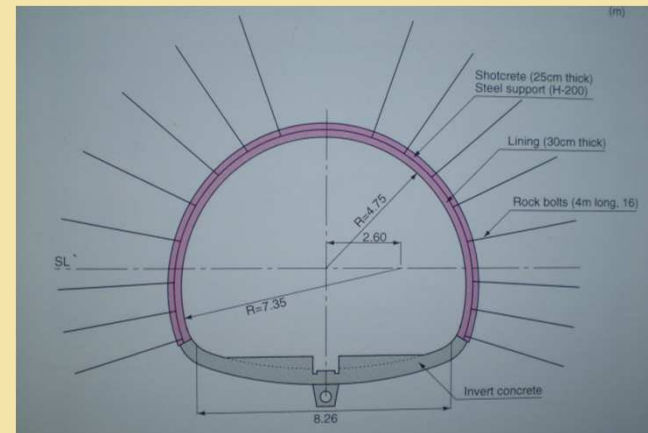


1. Cutterhead
2. Telescopic Shield
3. Gripper Shoes
4. Hydraulic Cylinders
5. Back-Up System



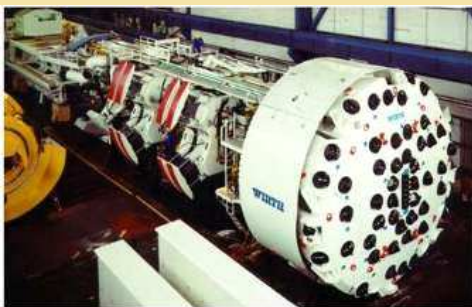
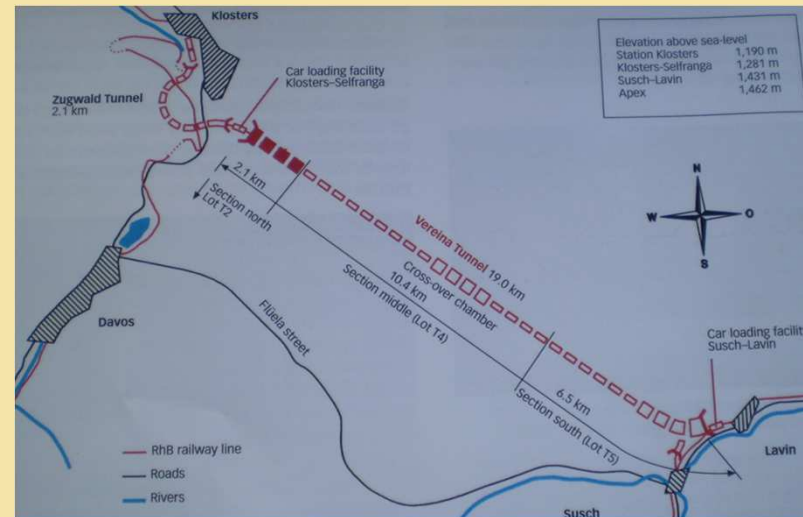
TUNEL IWATE-ICHINOHE (25,8 km)

- Umístění: Japonsko (Tokio – Aomori)
- Výstavba: 1991 – 2002
- Vlaky Shinkansen
- Rychlost: 260 km/h
- Nadloží: 250 m
- Koncept: Jeden dvoukolejný
- Ražba: NRTM, 7 úseků
- **Bezpečnost: pouze 5 úniků (štoly, šachty)**



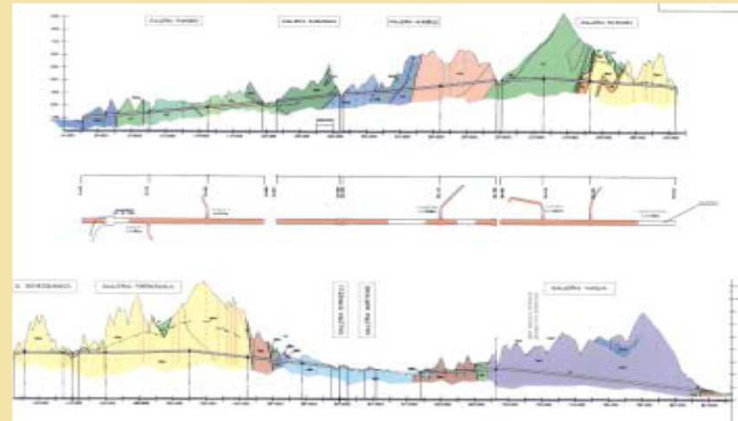
TUNEL VEREINA (19 km)

- Umístění: Švýcarsko
- Výstavba: 1987 - 1999
- Nadloží: 1400 m
- Železnice: úzkokolejná (rozchod 1000 mm)
- Koncept: Jeden jednokolejný (částečně dvoukolejný) tunel
- Ražba: NRTM a TBM (50/50)
- Ostění: jednoplášťové ze SB
- **Bezpečnost: bez nouzových úniků (přístup pouze portály)**



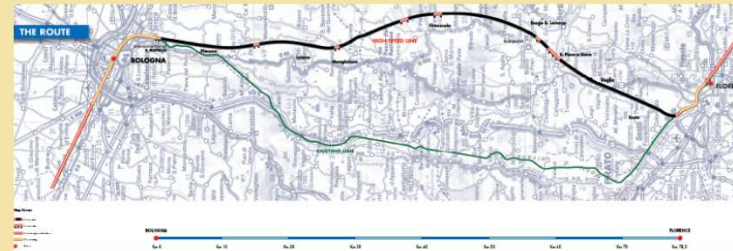
TUNEL VAGLIA (18,7 km)

- Umístění: Itálie (Boloň – Florencie)
- Výstavba: 1996 - 2008
- Rychlost: 300 km/h
- Koncept: jeden dvoukolejný
- Ražba: ADECO - RS
- Vzdálenost úniků až 4,5 km



TUNEL FIRENZUOLA (15,2 km)

- Umístění: Itálie (Boloň – Florencie)
- Výstavba: 1996 - 2008
- Rychlost: 300 km/h
- Koncept: jeden dvoukolejný
- Ražba: ADECO - RS
- Vzdálenost úniků až 5 km



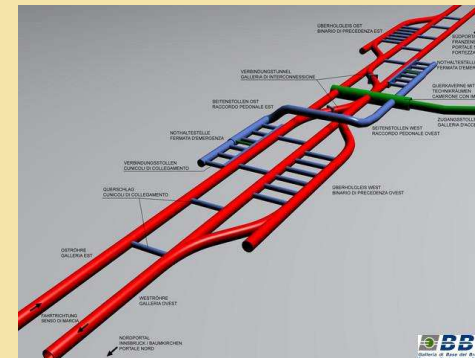
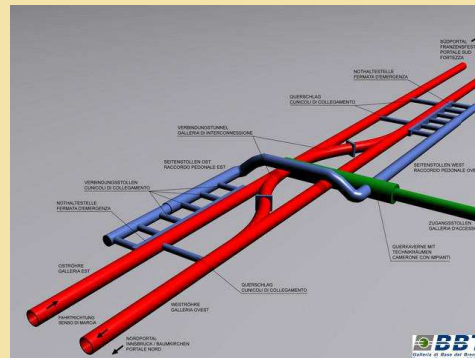
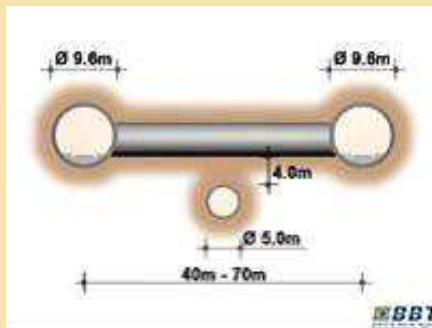
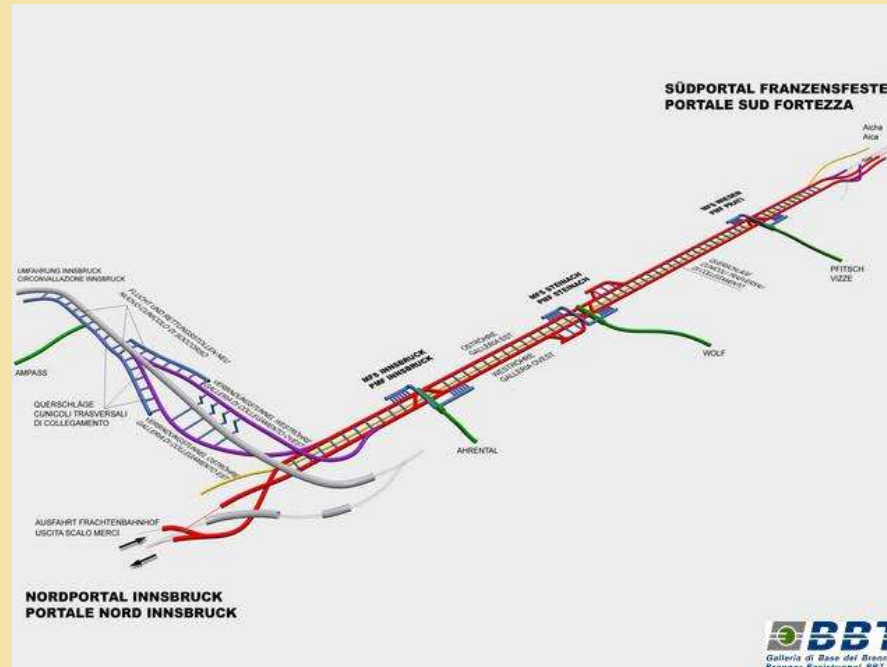
DLOUHÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY VE VÝSTAVBĚ

Název	Umístění	Délka (km)
Brenner	Rakousko - Itálie	64 (55)
Mont d'Ambin (Lyon – Turín)	Francie - Itálie	57,5
Yigong	Čína	42,3
Shanghai Airport	Čína	40,2
Sejila Mountain	Čína	38,0
Metropolitan Area	Japonsko	36,9
Pearl River	Čína	36,0
Gaoligongshan	Čína	34,5
Koralm	Rakousko	32,8
Semmering	Rakousko	27,3
Pajares	Španělsko	24,7



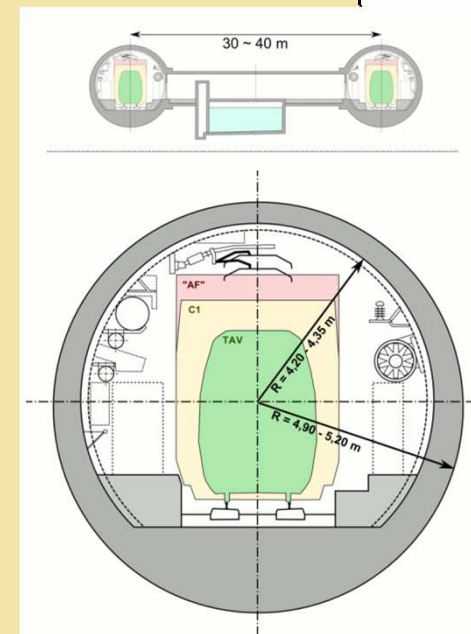
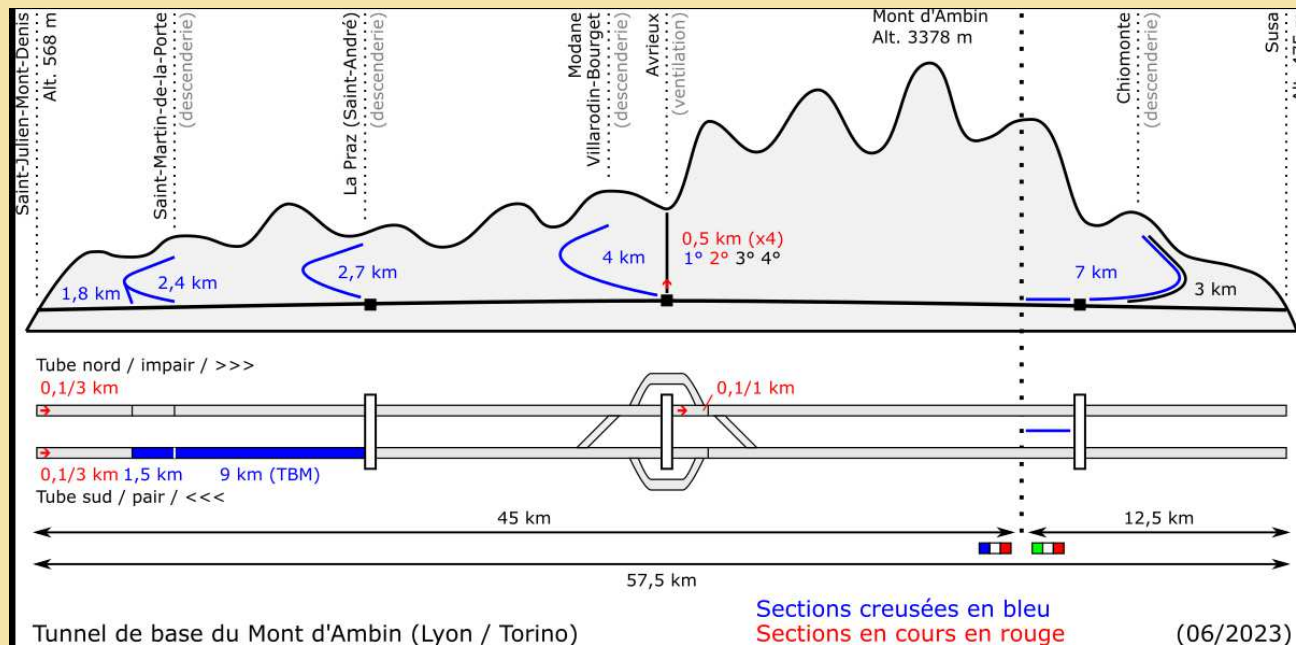
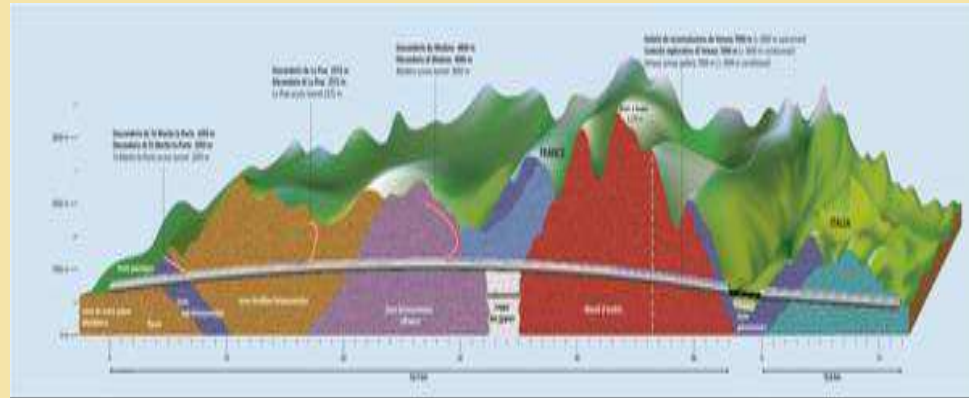
BRENNERSKÝ BÁZOVÝ TUNEL (64 km)

- Umístění: Rakousko – Itálie
- Trať: Mnichov - Verona
- Rychlost: 250 km/h
- **Délka: 55 km (64 km včetně obchvatu Innsbrucku)**
- Dva jednokolejné tunely
- Propojky po 333 m
- 3 podzemní stanice pro nouzové zastavení vlaku
- **Průzkumná štola bude sloužit jako odvodňovací (případně i obslužný) tunel**



BÁZOVÝ TUNEL LYON - TURÍN (57,5 km)

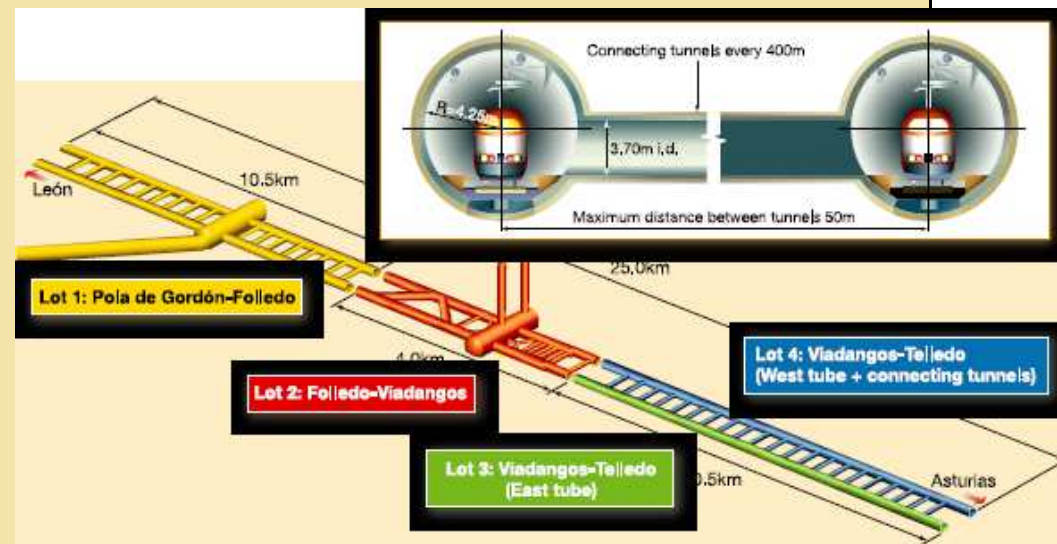
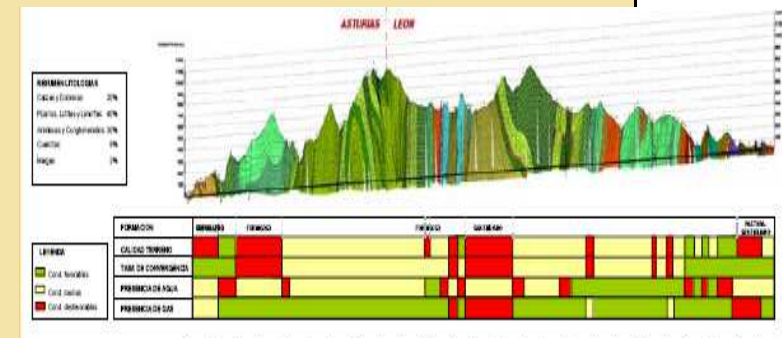
- Umístění: Francie - Itálie
- Rychlost: 220 km/h
- Nadloží: 2200 m
- Dva jednokolejné tunely
- Propojky po 400 m
- Nouzové stanice



Vyražené úseky jsou označeny modře, probíhající ražby červeně

TUNEL PAJARES (24,7 km)

- Umístění: Španělsko
- Výstavba: 2004 – 2009
- Předpoklad zprovoznění: 2010
- **Přítoky vody oddalují zprovoznění tunelu (nejdřív bude v roce 2024)**
- Nadloží: 1000 m
- Koncept: dva jednokolejné
- Ražba: 5 TBM
- Krasové jevy, značné přítoky
- **Původní cena: 1,1 mld. EUR**
- **Současná cena: 3,2 mld. EUR**



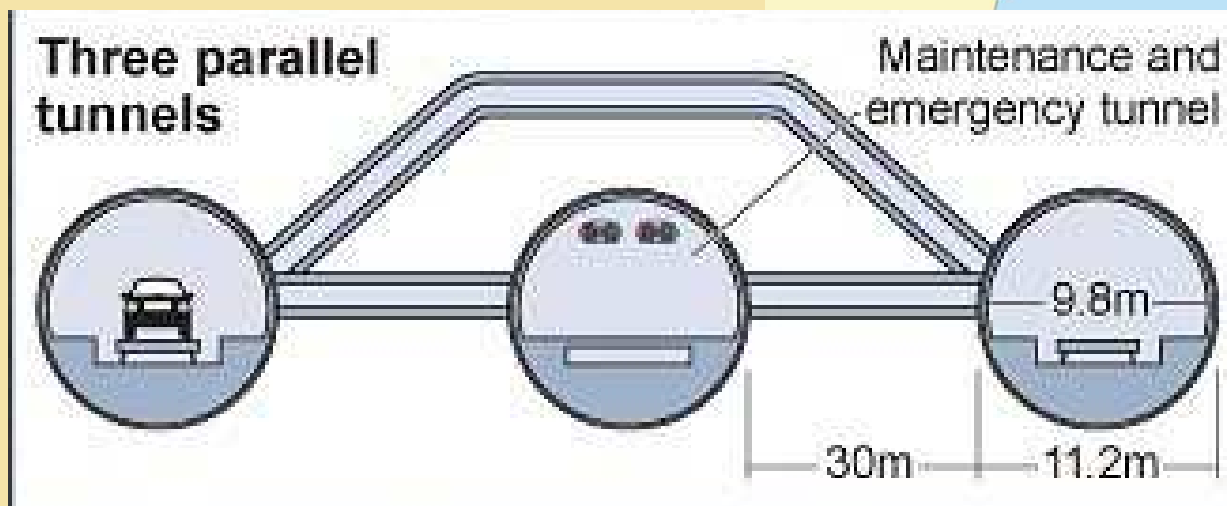
PŘIPRAVOVANÉ DLOUHÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY



Název	Umístění	Délka (km)
Bohai	Čína	123
Talsinki	Finsko - Estonsko	103
Gibraltar	Španělsko - Maroko	40
Krušnohorský	Německo - Česká republika	27 - 30
Berounský	Česká republika	26

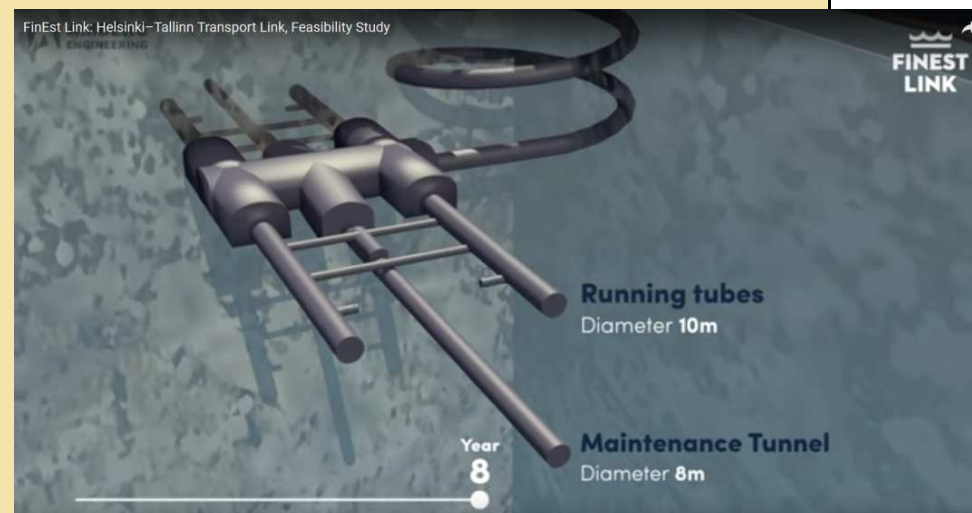
TUNEL POD PRŮLIVEM BOHAI (123 km)

- Umístění: Čína
- Trať: Dalian – Yantai
- **Délka: 123 km**
- Podmořská část: 90 km
- Koncept: dva jednokolejné tunely a obslužný tunel



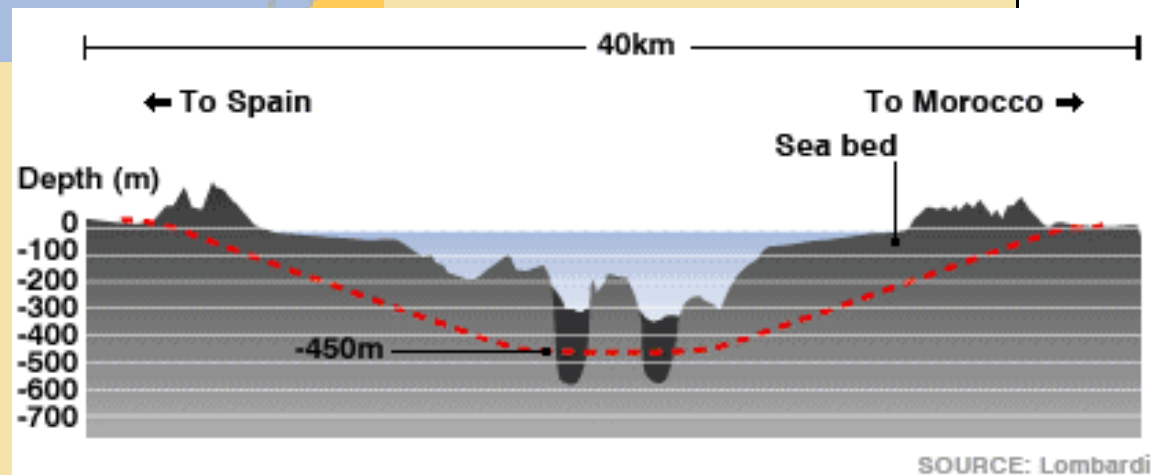
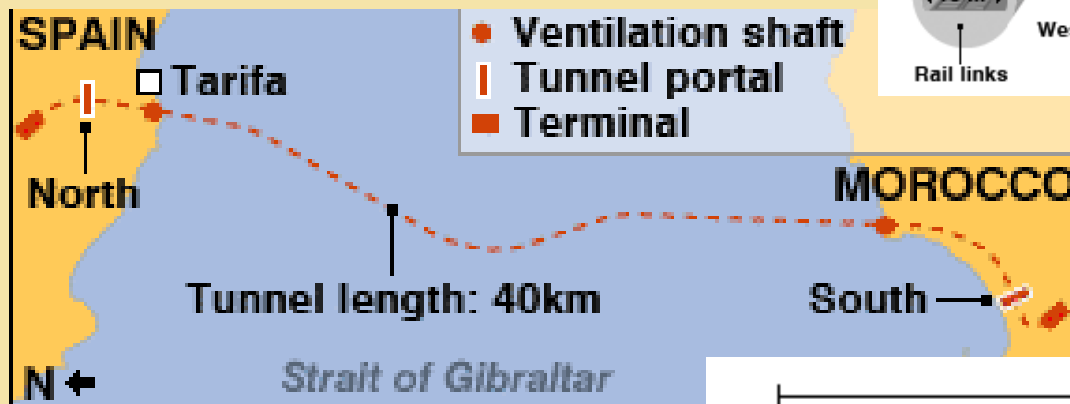
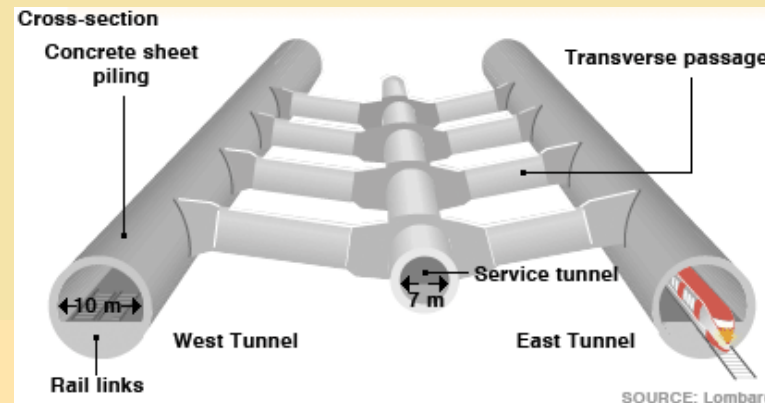
TUNEL TALSINKY (103 km)

- Umístění: Finsko - Estonsko
- Trať: Helsinky – Tallinn
- **Délka: 103 km**
- Koncept: dva jednokolejné tunely a obslužný tunel uprostřed

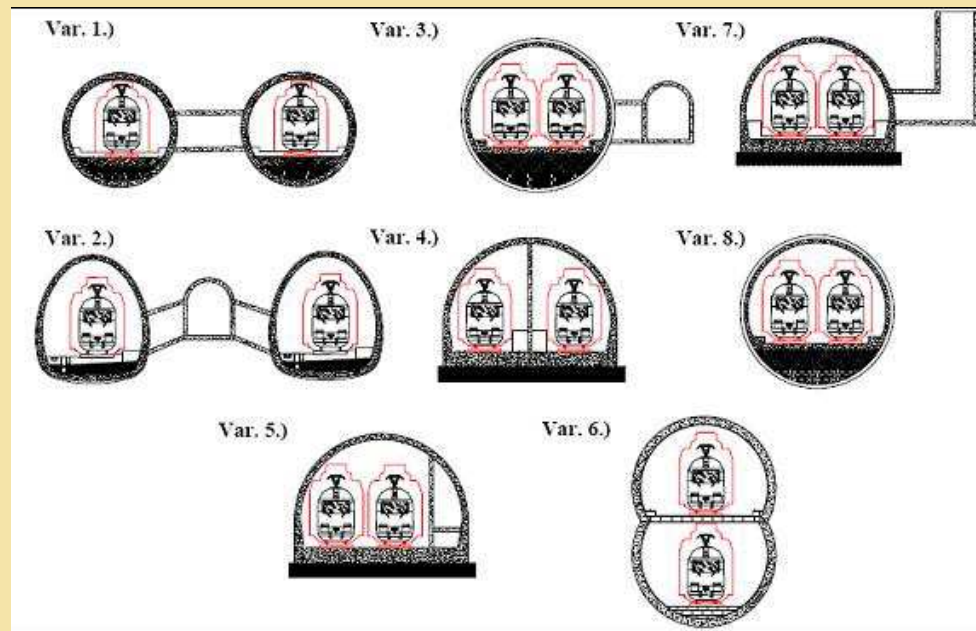


TUNEL POD GIBRALTAREM (40 km)

- Umístění: Španělsko – Maroko
- Délka: 40 km
- Koncept: dva jednokolejné tunely a obslužný tunel



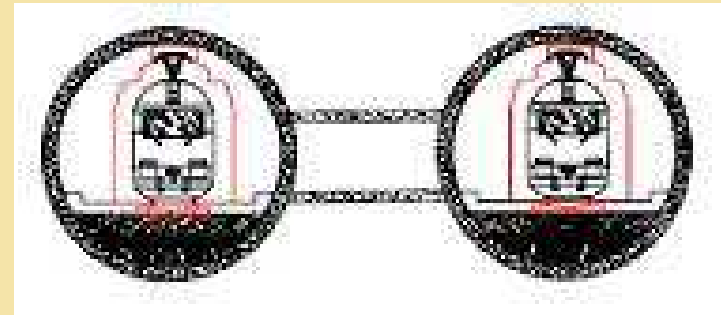
KONCEPTY USPOŘÁDÁNÍ TUNELU



- Var.1: Dva jednokolejné tunely s propojkami (např. Gotthard, Lotschberg, Guadarrama)
- Var.2: Dva jednokolejné tunely s paralelním obslužným tunelem (např. Eurotunnel, Brenner)
- Var.3: Jeden dvoukolejný tunel s paralelní únikovou štolou (např. části tunelů Seikan)
- Var.4: Jeden dvoukolejný tunel s přepážkou oddělující protisměrné tratě (např. Groene Hart)
- Var.5: Jeden dvoukolejný tunel s přepážkou oddělující nouzový únik
- Var.6: Jeden dvoukolejný tunel s tratěmi ve dvou úrovních
- Var.7: Jeden dvoukolejný tunel s únikovými východy (např. Firenzuola, Vaglia, Lainzer)
- Var.8: Jeden dvoukolejný tunel bez únikových východů (např. Marseille, Vereina)



NEJČASTĚJŠÍ KONCEPTY USPOŘÁDÁNÍ



Jeden dvoukolejný tunel:

- Nižší cena (menší objem ražeb)
- Nižší bezpečnost
- Protisměrné vlaky – riziko
- Větší plocha výrubu - riziko
- Možnost přejezdů tratí
- TBM ražba – zvětšení plochy
- Pomalejší zakouření

Dva jednokolejné tunely a propojky:

- Vyšší cena (větší objem ražeb)
- Vyšší bezpečnost
- Pouze jednosměrný provoz
- Menší plocha výrubu
- Výhodná TBM ražba
- Nákladné přejezdy tratí
- Rychlejší zakouření

Všechny evropské tunely s délkou přes 20 km jsou jednokolejné.

Dlouhé dvoukolejné v provozu: Seikan (54 km), Hakkoda (26,5 km), Iwate-Ichinohe (26 km) a Iyama (22 km) – všechny jsou v Japonsku



VNITŘNÍ PRŮMĚR JEDNOKOLEJNÝCH TUNELŮ

Tunel	Délka (km)	Rychlost (km/h)	Uvedení do provozu	Vnitřní průměr (m)
CTRL	19	270	2007	7,15
Eurotunel	50	160	1994	7,60
Storebaelt	8	160	1997	7,70
Gotthard	57	250	2015	8,30
Lötschberg	34,6	250	2007	8,40
Pajares	24,7	350		8,50
Guadarrama	28,4	350	2007	8,50
Perthus	8,3	300	2010	8,70
Abdalajis	7,3	350	2009	8,80
Katzenberg	9,4	250	2012	9,40



VZDÁLENOSTI PROPOJEK NEBO ÚNIKŮ

Tunel	Délka (km)	Zprovoznění	Vzdálenost propojek (únikových východů)
Groene Hart	7,2		dveře po 150 m
Guadarrama	28,4	2007	250 m
Gotthard	57	2015	325 m
Lötschberg	34,6	2007	333 m
Brenner	56		333 m
Eurotunel	50	1994	375 m
Lyon - Turín	57,5	2015	400 m
Koralm	32,8	2016	500 m
Katzenberg	9,4	2012	500 m
Wienerwald	13,4	2012	500 m
Seikan	54	1988	600 – 1000 m
CTRL	19 (Londýn)	2007	750 m (původně 350 m)
Lainzer	10,6	2012	120 – 599 m
Vaglia	18,7	2008	Až 4,5 km
Firenzuola	15,2	2008	Až 5,0 km
Marseille	7,8	2001	Bez úniků
Vereina	19	1999	Bez úniků



ZÁVĚR

- Prudký nárůst potřeby realizace dlouhých železničních tunelů (většina tunelů s délkou přes 20 km realizována ve 21. století)
- Důvodem je důraz na rychlost spojení, vliv ekologie (omezení emisí silniční dopravy) a současné technologie umožňující ražbu tunelů s vysokým nadložím v obtížných geologických podmínkách
- **Každý dlouhý železniční tunel je třeba řešit individuálně**
- Zásadní je **volba hlavních parametrů** (koncept uspořádání, trasa, typ dopravy, návrhová rychlost, vzdálenost propojek nebo nouzových úniků, podzemní stanice, metoda výstavby, atd.)
- Zpravidla bývá využita **pevná jízdní dráha**
- Zpravidla bývá využita **recyklace rubaniny** (beton, zásypy)





DĚKUJI ZA POZORNOST