

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA

**Katedra geotechniky a podzemního
stavitelství**

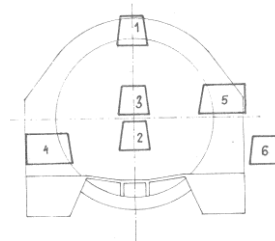
PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ
PŘEDNÁŠKY

5 ŠTOLY, KLASICKÉ METODY RAŽENÍ

Definice štoly: liniové vodorovné nebo šikmé podzemní dílo s průřezem do 16m².

Funkce štol:

- samostatný objekt (kolektory, kanalizační, komunikační...)
- dílčí výrub PS (směrové, průzkumné, injektážní, odvodňovací...)



Možnosti umístění štoly v průřezu tunelu
1-horní směrová, 2-spodní, 3-pilotní, 4-boční, 5-boční, 6-mimo průřez

Příčný průřez závisí především na:

- tlaku horninového masivu
- materiálu dočasné výztuže
- účelu štoly

Směrové a výškové vedení závisí na:

- užitých mechanismů
- geologických podmínkách
- odvodnění

Tvary štol:

- otevřené
- uzavřené
-
-
-
-
-
- lichoběžníkové
- obloukové
- s rovnými stěnami a obloukovým stropem
- kruhové
- N-úhelníkové
-

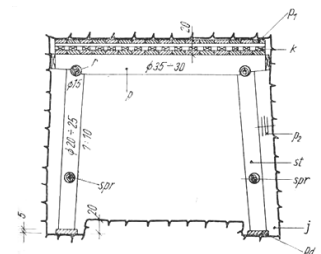
Výstroj štol:

dočasná

dřevo - klasický materiál
 ocelová důlní (profily K, Z, TH, ...)
 ocelová rámová (I, U-profily)
 ocelová příhradová (BTX...)
 ocelové sítě a pažiny
 SB
 železobetonové pažiny
 svorníky

trvalá

monolitický beton:
 prostý
 se ztracenou výztuží
 železobeton
 SB, drátkobeton
 prefabrikovaný beton
 ŽB a litinové tybinky

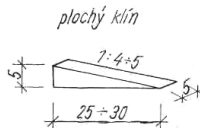
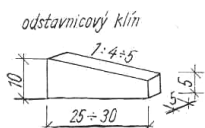
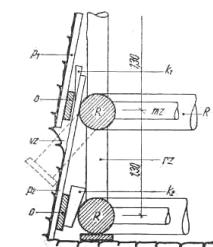


p₁p₂ – pažiny; k – klíny; r – rozpěrka; st – stojka; p – podvoj; spr – spodní rozpěrka; j – stojková jamka; pd – podkladek

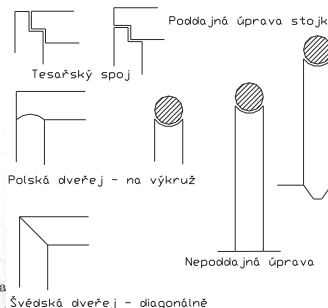
Dřevěná dveřevá výstroj

Složení: stojky a stropnice
pažiny
odstavnice
případně rozpěry a odstavnicové klíny
zakládkový polštář

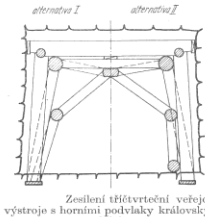
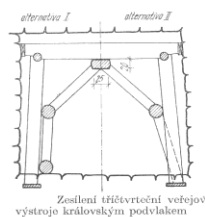
Dle **tláčivosti horniny** dělíme pažení na:- příložné
- zátažné
- hnané



k_1 – plochý klín; k_2 – odstavnicový klín; p_1 – pažina; p_2 – pažina; o – odstavnice; R – rám; vz – vzpěrka
 rz – rozpěrka



Zesílení výdřevy: uzavřením dveře
zesílení dveře
zhuštění dveřejí (výstroj na sraz)
osazením královského podvlaku
kombinace s dalšími výztužemi...



Zesílení tříúhelníkové výstroje královským podvlakem

Zesílení tříúhelníkové výstroje s horními podvlaky královským podvlakem

5.1 Metody ražení

Systém ražení		Klasické metody	Moderní metody
Plným průřezem (porubem)		bez výztuže	s krátkou zabírkou - prstencová metoda
		předrážkou (rozšířením předem vyraženého díla)	NRTM - nová rakouská tunelovací metoda (plným průřezem nebo dělenou čelbou)
		dělenou čelbou (s předstihem horní nebo spodní lávky)	
S dílčími výlomy - pilířové metody	postupné vyztužování	moderní rakouská	
		belgická - podchycovací	
		italská	
		anglická	
	paralelní vyztužování def. výztuže (plášťový systém)	německá - jádrová	
S hnanou výztuží (štítování)			štítování nemechanizované štítování polomechanizované štítování mechanizované
Pomocí tunelovacích strojů a kombajnů			plnoprofilové ražení kombajnové ražení (výložníkový rozpojovací orgán)
S předchozí úpravou vlastností hornin			preventivní zpevnění okolí díla (injektáž, zmrazování, odvodnění ...)
Kombinovaný			kombinace metod

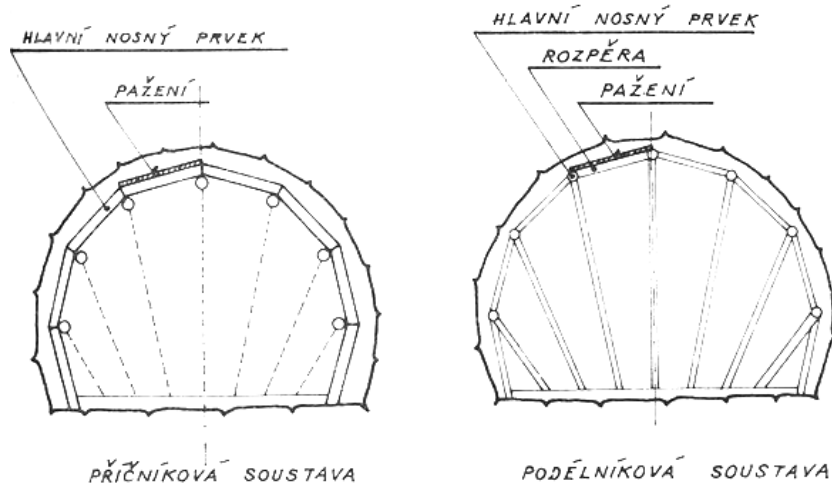
5.2 Klasické metody ražení

1. Ražení plným průřezem

- výrub stabilní v celém průřezu, a to až do vyztužení => pevnější horniny

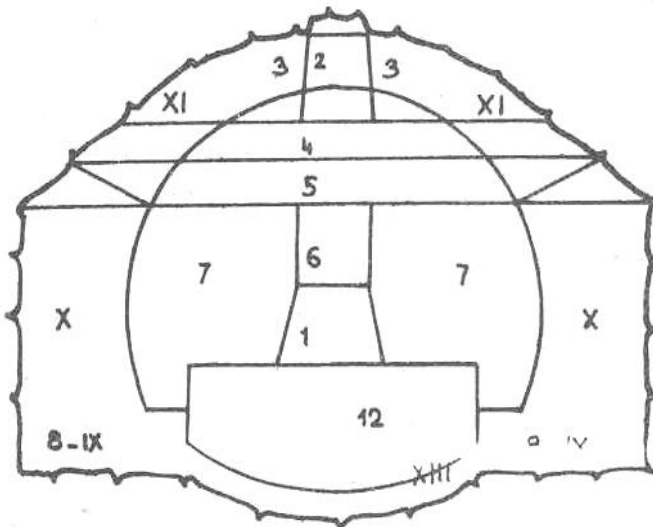
2. Ražení dílčími výlomy

- výrub rozdělen do pilířů, které se postupně doražují a vyztužují
- dočasnou výztuží je nejčastěji dřevo
- Rozlišujeme 2 systémy dočasné výztuže: Příčnickový (nosný polygon) a podélníkový systém.



Rakouská metoda

- Vývoj: Stará rakouská tunelovací metoda (SRTM)- příčnicková
- Modifikovaná rakouská tunelovací metoda - podélníková
- Plynulá modifikovaná rakouská tunelovací metoda - podélníková
- Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM) – příčnicková (rozebrána později)

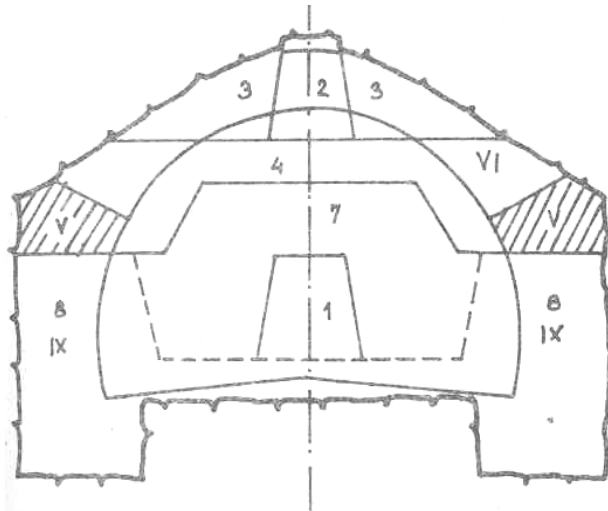


- 1 - spodní směrová štola
- 2 - stropní štola
- 3-5 - výlom přístropí(kaloty) sestupováním pomocnými prahy na hlavní práh
- 6 - osazení hlavního prahu a sloupů
- 7 - výlom opěří
- 8 - výlom základů opěr
- IX - zdivo základů opěr
- X - zdivo opěr
- XI - zdivo klenby
- 12 - výlom pro spodní klenbu
- XIII - zdivo spodní klenby

Výhody a nevýhody:

- + jednoduchost
- + oddělená pracoviště
- + cykličnost operací
- neustálé předřevování, spotřeba dřeva
- při předřevování se hornina uvolňuje
- jen pro pevnější horniny

Belgická (podchycovací) tunelovací soustava - pilířová

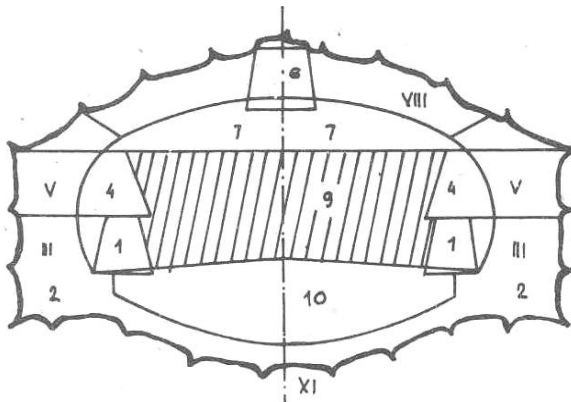


- 1 - spodní směrová štola
- 2 - stropní štola
- 3 - rozšiřování stropní štoly - výlom kaloty
- 4 - výlom kaloty do patek klenby
- V - betonáž ŽB belgických prahů
- VI - vyztužování stropní klenby
- 7 - výlom jádra
- 8, IX - po částech výlom a budování opěr

Výhody a nevýhody:

- + úspora dřeva
- + práce pod ochranou definitivní klenby
- + výlom opěr na více pracovištích
- problém s TP – porušení definitivní klenby
- problém s napojením klenby a opěr

Jádrová (plášťová - německá) tunelovací soustava



- 1 - proražení spodních bočních štol
- 2 - rozšíření výlomu
- III - provedení základů a částí opěr
- 4 - pobírání části průřezu nad bočními štolami
- V - provedení zbytku opěry
- 6 - výlom stropní štoly
- 7 - výlom přístropí
- XIII - vystužení hlavní klenby
- 9,10 - výlom jádra a spodní klenby
- XI - výtěž spodní klenby

Výhody a nevýhody:

- + jednoduché rozpojení jádra
- + snížení spotřeby dřeva
- + použitelná v tlačivých horninách
- + malý výlom
- ražení velkého počtu štol
- obtížné deponování materiálu

Anglická metoda (dlouhostojková)

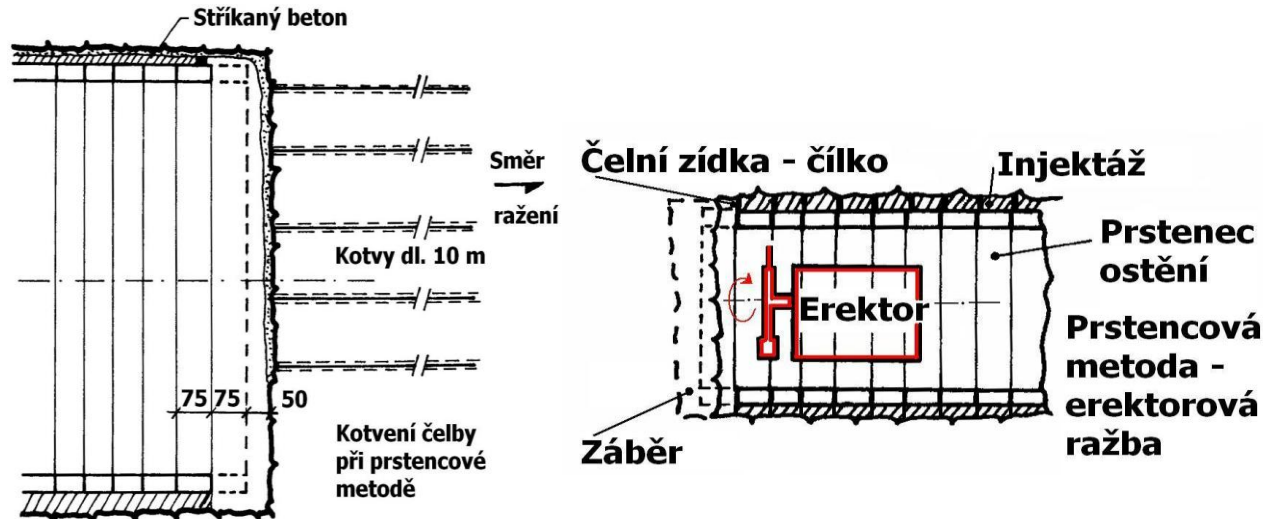
- podobná jako rakouská modifikovaná, ale výstroj dlouhými stojkami na celou výšku výrubu

Italská metoda

- vyražení střední směrové štoly a z ní se razí „vlomy“ do okolí

PRSTENCOVÁ METODA

- Nasazuje se ve skalních horninách s dostatečnou stabilitou, příp. i v méně stabilních poloskalních horninách a zeminách (zde doplněná o štít). Ražba se provádí standardně plným profilem s použitím trhačí práce i TBM. Není vyloučeno ani jednoduché členění s horní pilotní štolou.
- Krátké výlomové záběry jsou bez odkladu vystrojovány definitivní výstrojí UZAVŘENÍM PRSTENCE. Následuje případná rychlá zakládka, a vždy včasná výplňová aktivační injektáž. To, spolu s rychlým postupem prací i u velkých \varnothing omezuje rozsah rozvolněné zóny nad výrubem
- Krátké záběry zajišťují stabilitu výrubu v podélném směru (\Rightarrow volné rozpětí $l^* = b$). Nutná je stabilita přídělí! Nestabilní čelba ohrožuje bezpečnost a výrazně snižuje stabilitu stropu (především v podélném směru. Potom je nutné čelbu podepřít (obvykle kotvením příp. přetlakem vzduchu) nebo nasadit štít (různého systému). V některých případech je možné prstencovou metodu realizovat i s některými typy provizorní výstroje (SB, BERNOLD, rámy). Je-li prstavec obezdívky prováděn z dílců vysoké hmotnosti (q až t , běžně $1+1,5 t$, max. $2,5 t$) je nutný **ukladač = erektor**. Pokud je používán erektor a není nasazen štít = **erektorová ražba**



Prstencová metoda-erektorová ražba

- Injektáž se provádí přes injekční otvory v tybincích (dílech). Mezeru mezi obezdívkou a horninou je nezbytně nutné pečlivě proinjektovat včetně záklenku (jinak hrozí podélné porušení obezdívky puklinami)
- Injektuje se běžně cementem, někdy odděleně (zafoukání kačírkem + injektáž)
- Injektáž je prováděna jako primární a jako sekundární
- Postup injektáže: odspodu, symetricky nahoru, s kontrolou ve vyšších otvorech:

Ostění z lisovaného („extrudovaného“) betonu

Zásadně zřizováno pouze v kombinaci se štítem

- monolitické ostění z prostého betonu nebo drátkobetonu
- Za štítem je taženo bednění, do kterého je po prstencích betonována definitivní obezdívka
- + zbavíme se styčných spár s nutností těsnění; omezíme deformace na povrchu
- - vysoká technologická, náročnost provádění; složitá konstrukce, zařízení (návěsu za štítem)

Metoda ztraceného bednění – systém BERNOLD

- Může být použita při prstencové metodě, prstence už nemusí být v počvě uzavírány. Jedná se o velmi neostrý přechod k NATM, resp. o jedno z ostění využitelných při NATM
- Primární či sekundární obezdívka je zřizována z betonu ukládaného do ztraceného bednění z prolamovaných nebo žebrovaných plechů (9, 10, 11 žeber; tl. 1,25; 2; 3 mm) nebo husté síťoviny vyztužené pruty
- Pažící plechy mohou být v zeminách zatahovány nebo předháněny
- Běžná je kombinace s ocelovými skružkami (trvalými nebo jen po dobu zrání betonu), s kotvením i se SB
- Technologie vhodná i pro zřizování šachet