

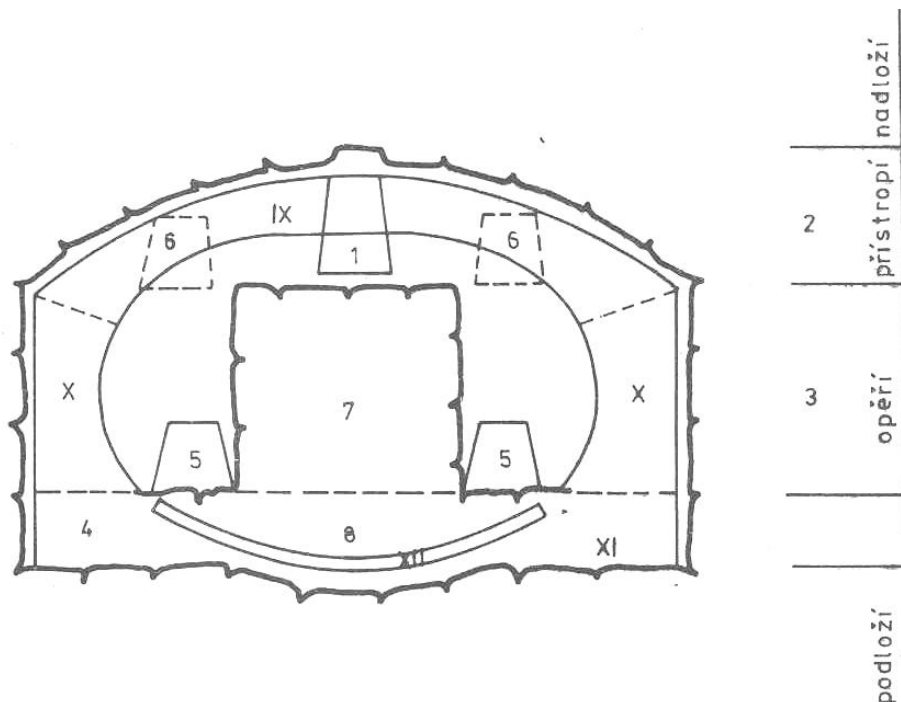
VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA

**Katedra geotechniky a podzemního
stavitelství**

**Podzemní stavitelství
PŘEDNÁŠKY**

3 NÁZVOSLOVÍ A PROJEKČNÍ PRVKY

3.1 Názevosloví v podzemním stavitelství

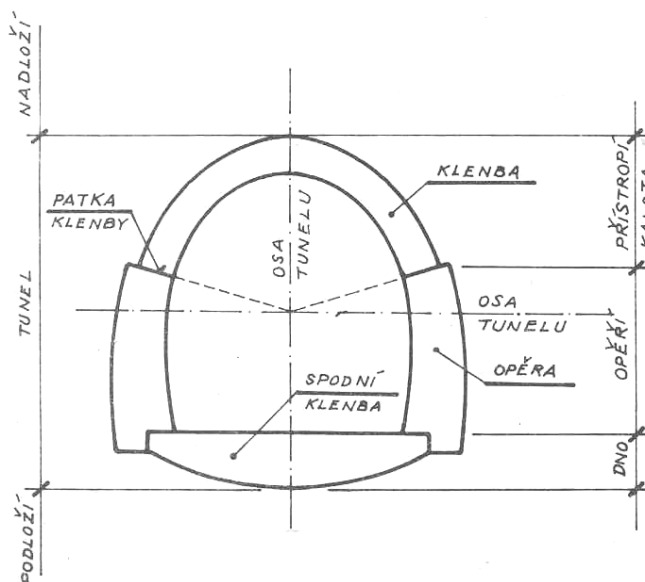


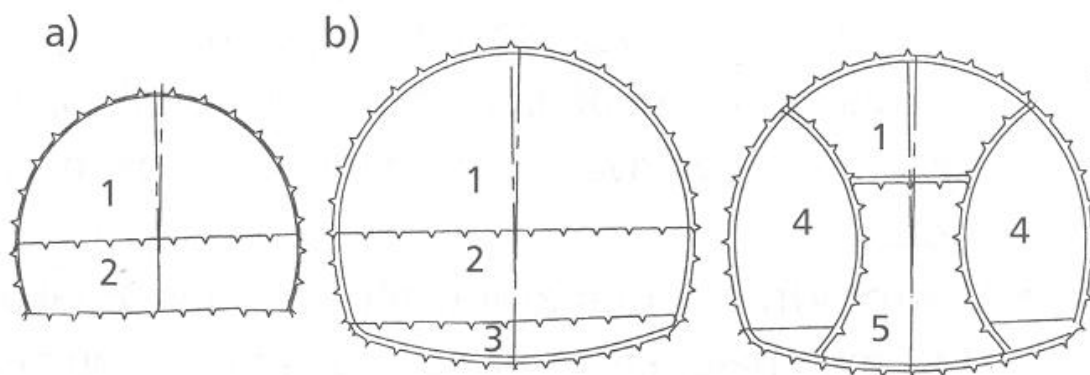
Ražení:

1 – směrová štola, 2 – kalota, 3 – opěří, 4 – základy stavby, 5 – opěrové štoly, 6 – stropní štoly, 7 – jádro, 8 – počva

Vyztužování:

IX – klenba, X – opěry, XI – základy, XII – spodní klenba





a) štola, b) tunely;

1 – kalota, 2 – opěrná část, 3 – dnová část, 4 – boční předrážky, 5 – jádro

Další základní názvosloví:

- výztuž dočasná (primární)
- výztuž trvalá (sekundární)
- výztuž ztracená
- ostění
- tunelový portál
- délka tunelu
- čelba
- výrub
- tunelový pás
- horninový masív x hornina x vzorek horniny
- nespojitost x nehomogenita x anizotropie

3.2 Základní projekční prvky

a) Příčný průřez:

při návrhu rozhoduje:

účel stavby
technologie výstavby
geologické poměry
hospodárnost výstavby

b) Výškové řešení:

vedení nivelety ovlivňuje:

druh stavby
geologie na trase
problematika odvodnění
hospodárnost výstavby a provozu

c) Směrové řešení:

půdorys ovlivní:

situování díla
druh díla
celkové ekonomické hledisko

Účelem stavby => průřezný či provozní profil a následně příčný řez díla; standardně symetrický

GT poměry v trase => Tvar ostění odpovídající **směru a velikosti hor. tlaku**; ostění s masívem spolupůsobí

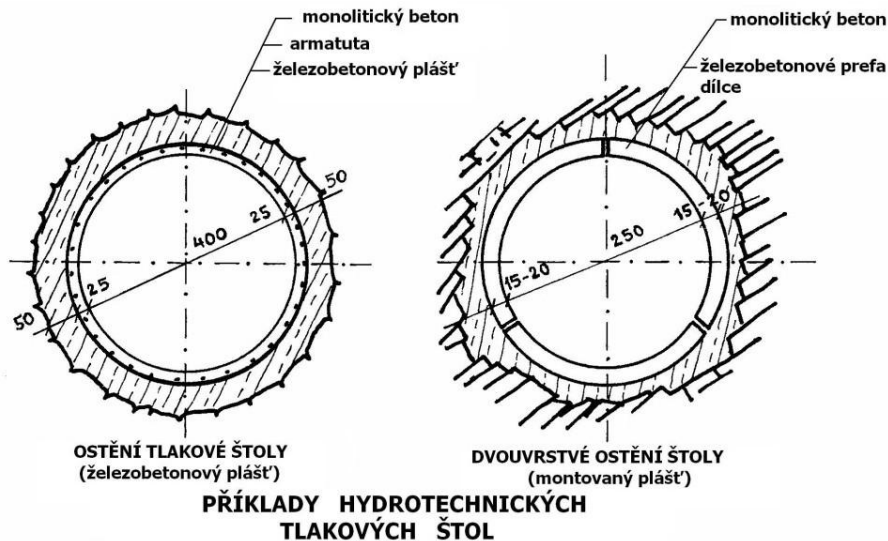
Statickými požadavky => zaklenutí; staticky velmi výhodné i když dispozičně již méně **Vnitřním zatížením** (např. vod. tlak. štolý => průřez kruhový)

Hospodárností => průřez co nejmenší, ale s možností nasadit mechanizaci; plocha průřezu roste se zvětšováním rozměrů strojů; důležitá je unifikace (dílece ostění, tažené bednění ap.)

Větráním u silně dopravně zatížených silničních a městských tunelů

Technologií stavby – průřez je často tvrdě dán použitou mechanizací (štíty, TBM ap.)

Hydrotechnické štolý



3.3 Silniční a dálniční tunely

a) Příčný průřez:

- průřezný průřez závisí na kategorii a návrhové rychlosti
- příčný sklon je min. 2%, obvykle 2,5%
- tvar je nejčastěji podkovovitý nebo klenutý
- součástí bývají dle potřeby propojky, únikové východy, odstavné pruhy... .

b) Podélný řez:

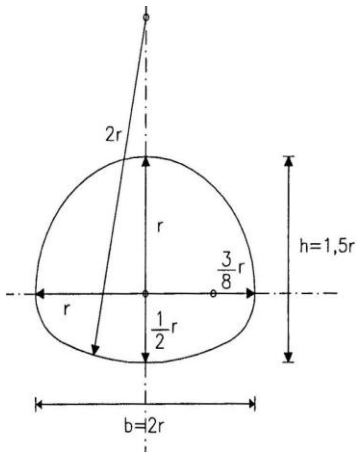
- max. podélný sklon na rychlostních komunikacích je 7% na místních 8%
- minimální podélný sklon je 0,3-0,5%

c) Směrové řešení:

- je ovlivněno napojením na dopravní síť

- závisí na překážce, která je překonávána
- minimální poloměr oblouku je 320m, doporučuje se však > 500m
- otázka oslnění řidiče...

Návrh tvaru tunelů:



Obrys lineárního podzemního díla z **kruhových oblouků** (něm.: „**tlamový**“). Následné poloměry v poměru <5 (resp. 1/5). Nejmenší $r = 1,5 \text{ m}$

Zaklenuť je staticky velmi výhodné (v ostění vznikají především normálové síly; momenty jen při výrazně rozdílné kvalitě okolní horniny nebo nesymetrickém zatížení)

Spodní klenba vždy u slabých hornin nebo vysokých tlaků vody

Typické hodnoty příčných průřezů liniových P.S.

• Kanalizační sběrač (kmenová stoka)	cca 10 m^2
• Dálnice (jeden jízdní pruh)	75 m^2
• Dálnice (dva jízdní pruhy)	90 až 110 m^2
• Železnice (jednokolejný)	50 m^2
• Podzemní dráha, Metro (jednokolejný)	35 m^2
• Rychlá železnice IC, EC (jednokolejný)	50 m^2
• Rychlá železnice IC, EC (dvoukolejný)	80 až 100 m^2

Směrové poměry

Jsou dány technologií stavby a provozními potřebami. Významné jsou GT poměry (při volbě trasy)

a) Technologie stavby (= poloměry zatáčení stavebních mechanismů):

- Kolejová doprava $r_{\min} = 10 \text{ m}$
- Samovyklápecí vozy $r_{\min} = 12 \text{ až } 30 \text{ m}$
- Automobilová doprava, dempry, dopravníkové nakladače $r_{\min} = 15 \text{ m}$
- Razící štíty a TBM zatáčejí jen velmi nerady ($r > 100 \text{ m}$). Jinak ražba v přímých úsecích z šachty do šachty nebo z komory do komory (polygonální trasa)
- Ražba v přímé a obloucích velkého r je jednodušší a lacinější

b) Potřeby provozní:

- Oblouky malého r pouze u hydrotechnických štol (s volnou hladinou $r_{\min} = 5 \text{ d}$; tlakové štoly $r_{\min} = 2,5 \text{ d}$; lépe 5 d ; $d = \varnothing$)
- Železniční tunely $r_{\min}$ závisí na návrhové rychlosti. V žel. tunelech $r_{\min} = 250 \text{ m}$. U oblouků $r < 1000 \text{ m}$ je nutnost rozšíření průjezdného $\varnothing$. Tunely v obloucích se hůře větrají
- Silniční, dálniční a městské tunely $r_{\min}$ závisí na návrhové rychlosti. $r_{\min} = 300 \text{ m}$ (nevyžaduje rozšíření). Výhodné je umístění portálů v oblouku (omezení oslnění při

výjezdu a omezení zrcadlení portálu při vjezdu). U obousměrných tunelů (neměly by být!) omezí zakřivení v oblouku oslňování protijedoucích vozidel

Výškové (sklonové) poměry

a) Minimální podélný sklon:

během stavby je dán potřebou gravitačního odvodnění. Sklon:

- min 2 ‰ v tvrdých celistvých horninách
- min 4 až 5 ‰ v horninách slabých. Při obsahu jílových minerálů nebo nebezpečí rozbrzdění je odvedení vody mimořádně důležité!

Dovrchní ražba vždy, když to jde. Ražby úpadní přinášejí pouze problémy!!

Ražba ze dvou portálů = střechovitá niveleta. Minimální podélný sklon u silničních tunelů (s výjimkou vrcholového oblouku) činí 3 ‰ (gravitačního odvodnění)

b) Maximální podélný sklon

-Štoly s volnou hladinou pro optimální rychlost vody cca 2 až 2,5 ms⁻¹ = podélný sklon cca 2 ‰; při vyšších sklonech mnohem vyšší rychlosti => vymílání a eroze (důležité u kanalizace => šachty, spadiště)

-Vodní tlakové štoly mohou mít jakékoliv sklony i protispády; v nejvyšších místech trasy je umístěno odvodušnění, v nejnižších odkalení

-Železniční tunely sklon tunelu musí být menší než ve volné trati (= horší podmínky provozu – odpor vzduchu, vlhkost, osvětlení). Tunel nesmí být místem rozhodujícím o propustnosti

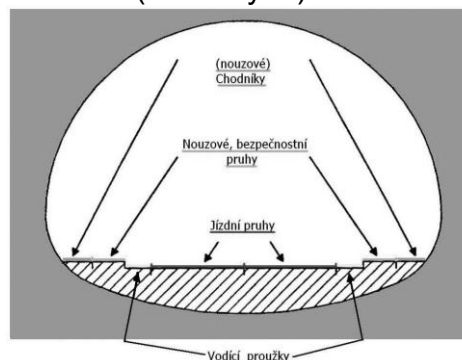
-Max. stoupání v tunelu $s' = 0,8 s - 0,2$ [‰] (obecně < 2%) s...max. stoupání v příslušné trati

Silniční, dálniční a městské tunely podle návrhové rychlosti, tak, aby nebyly zřizovány přídatné pruhy ve stoupání či v klesání (rychlost 80 km/hod = max. sklon 3,5 ‰). Podle zahraničních zkušeností u dlouhých tunelů: max. sklon 2,5 ‰. Max. dovolený sklon podle ČSN 73 7507 [obvykle se neuplatňuje]:

- silnice a dálnice 7 ‰
- místní komunikace 8 ‰

Ve světě až < 15 ‰ (zvláště pro výrazné zkrácení ramp např. u podvodních tunelů). Zde je nutné zvážit, že s vyšším sklonem komunikace výrazně vzrůstá nebezpečí kolize či havárie a dále velmi podstatně produkce exhalací a tedy výrazně náklady na větrání.

Příčný průřez silničních a dálničních (městských) tunelů



Je dán šířkou mezi obrubníky = Σ jízdních pruhů + vodících proužků + případného přídavného pruhu + oboustranné (nouzové) chodníky.

Vzorový příčný řez silničním tunelem

- 1 – ventilátor
- 2 – rozvody vody
- 3 – Podélná drenáž
- 4 – obrubník
- 5 – drenáž
- 6 – odvodnění vozovky
- 7 – teoretický výrub
- 8 – primární ostění
- 9 – izolace
- 10 – definitivní ostění
- 11 – kryt kabelového kanálu
- 12 – kabelový kanál
- 13 – obrubník
- 14 – spodní klenba
- 15 – průjezdný profil

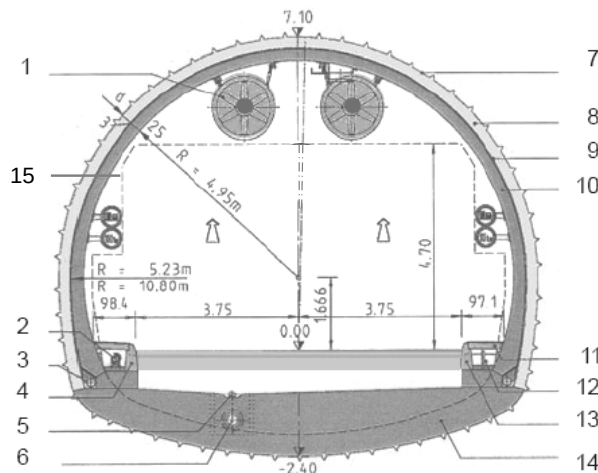
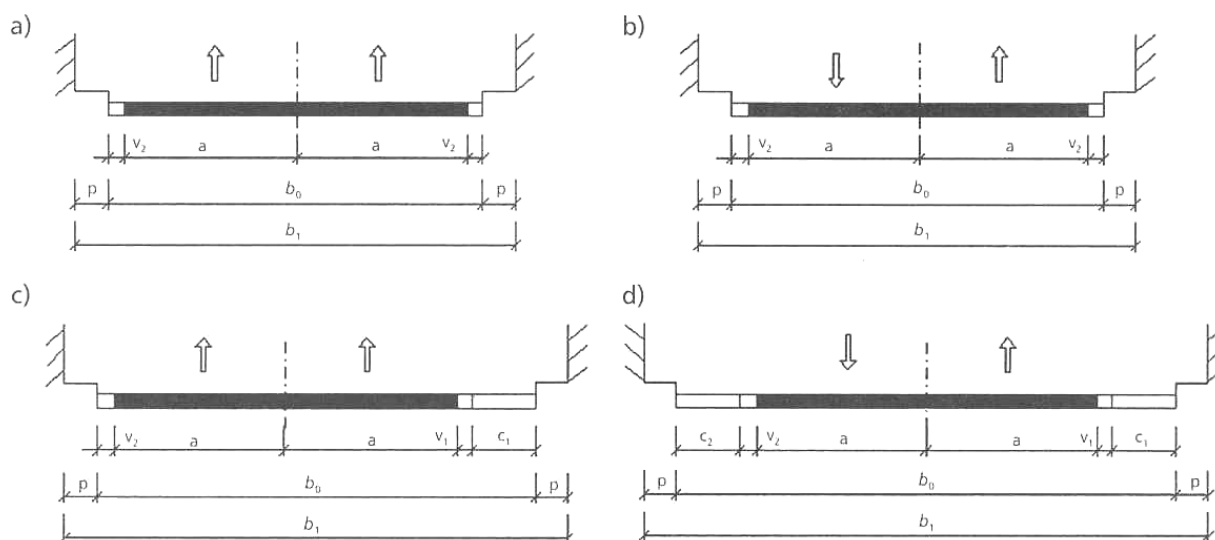


Schéma šířkového uspořádání komunikace v tunelu



a) jednosměrná, b) obousměrná c) jednosměrná s odstavným pruhem d) obousměrná s nouzovými, odstavnými pruhy.

Šířkové uspořádání komunikace v tunelu dle ČSN 73 7507

Druh tunelu	Kategorie tunelu ¹⁾	Návrhová rychlost (km/h)			Rozměry prvků příčného řezu (m)							Navazující návrhová kategorie komunikace ²⁾
		krátké	střední	douhé	a	v ₁	v ₂	c ₁	b ₀	p	b ₁	
Dvoupruhový jednosměrný tunel	T – 7,5	–	80, 70	80, 70	3,50	–	0,25	–	7,5	1,0	9,5	D + R 27,5 + 26,5 + 24,5; MR 26,5 + 24,5; R + C 24,5 + 22,5; MZ 25 + 20;
	T – 8,5	80, 70 60, 50	80, 70 60, 50	–	3,50	0,25	0,5	0,75	8,5	1,0	10,5	MR 24,5; MZ 25 + 20;
	T ₁ – 9,0	120, 100, 80	120, 100, 80	–	3,50	0,25	0,5	1,25	9,0	1,0 0,75	11,0 10,5	D + R 27,5 + 26,5 + 24,5; R + C 24,5 + 22,5; MR 26,5
	T – 10,0	120, 100, 80	–	–	3,75	0,25	0,5	1,75	10,0	1,0 0,75	12,0 11,5	D + R 27,5 + 26,5; MR 26,5; R + C 24,5;
Dvoupruhový obousměrný tunel	T – 7,5	–	–	80,70	3,50	–	0,25	–	7,5	1,0	9,5	R 11,5; C 11,5 + 10,5 + 9,5 + 7,5
	T – 8,0	–	80,70	80,70	3,5	–	0,50	–	8,0	1,0	10,0	MZ 14 + 9;
	T ₁ – 9,0	–	80, 70	80, 70	3,5	0,25	–	0,75	9,0	1,0 0,75	11,0 10,5	C 10,5 + 9,5 + 7,5; MZ 14 + 9;
	T – 10,5	80, 70 60, 50	80, 70 60, 50	–	3,5	0,25	–	1,50	10,5	1,0 0,75	12,5 12,0	R 11,5; C 11,5; MZ 14 + 9;

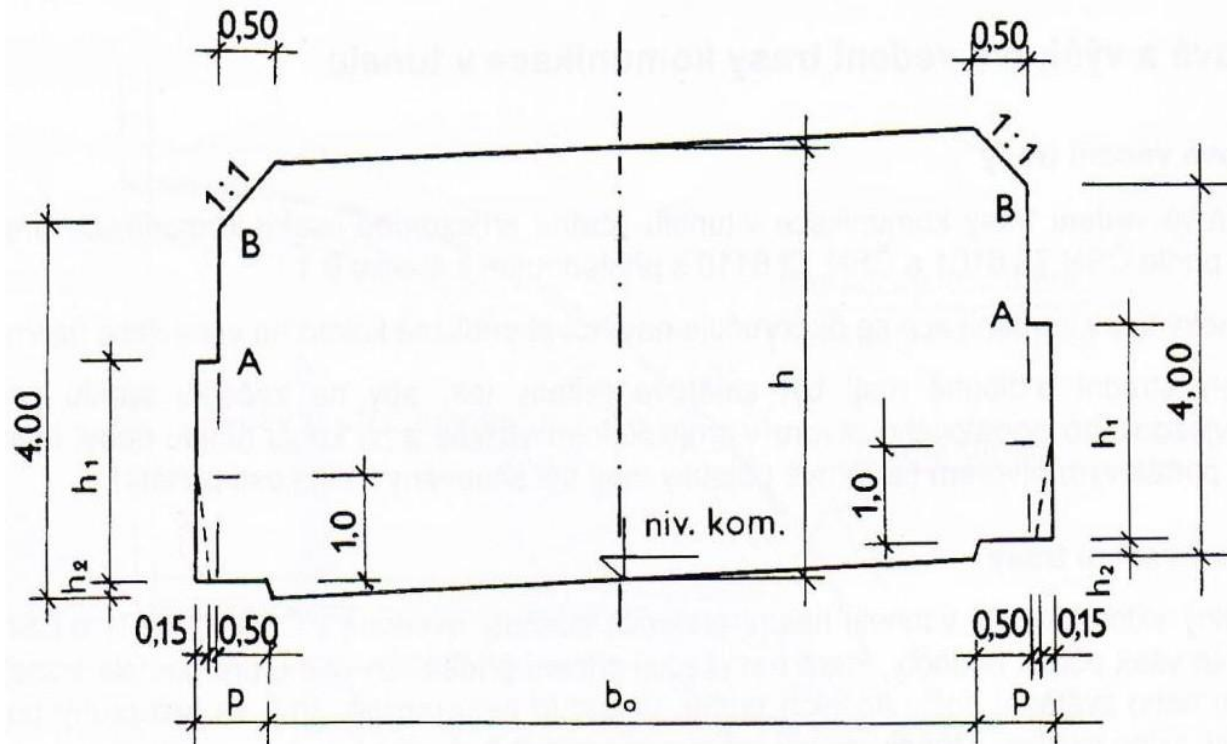
¹⁾ Kategorie tunelu je charakterizovaná šířkou mezi obrubníky.
²⁾ Navazující návrhové kategorie komunikací jsou uvedeny podle ČSN 73 6101 a ČSN 73 6110.
 Jejich zkratkové označení podle ČSN 73 6100 je následující:

D – dálnice	MR – místní rychlostní komunikace	C – cesta/silnice
R – rychlostní silnice	MZ – místní sběrná komunikace	v ₁ , v ₂ – vodící pruhy
c ₁ – nouzový pruh	a – jízdní pruh	p – služební chodník
b ₀ – šířka pojízdné části komunikace		b ₁ – světelná šířka tunelu

ČSN 73 7507/1999 Projektování tunelů pozemních komunikací:

- Š. jízdních pruhů (viz zahraniční zkušenosti) snížena na 3,50 m; pouze u krátkých tunelů (často ve městech s vysokou intenzitou provozu) ponechána 3,75 m
- Š. krajnice (odstavných pruhů) redukována na 0,75 až 1,75 m. U dlouhých tunelů lze tyto elementy zcela vynechat a nahradit je nouzovými zálivy
- Pro dlouhé (příp. střední) tunely je doporučena kat. T-7,5
- U krátkých tunelů doporučena kat. T-8,5; T-9,0; T-10,0 (viz dtto). Rozhoduje technicko-ekonomické zhodnocení
- Přídavné (stoupací) pruhy by se neměly z ekonomických důvodů navrhovat (vypadávají proto 3pruhové tunely)
- (Nouzové) chodníky - oboustranně 0,75 až 1 m; slouží i k nouzovému odstavení vozidel

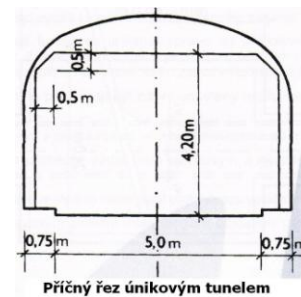
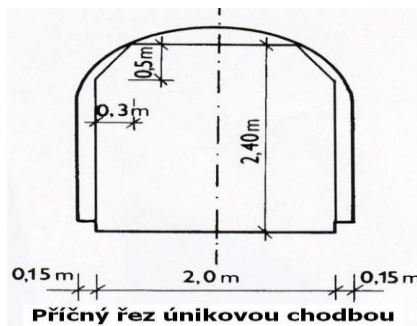
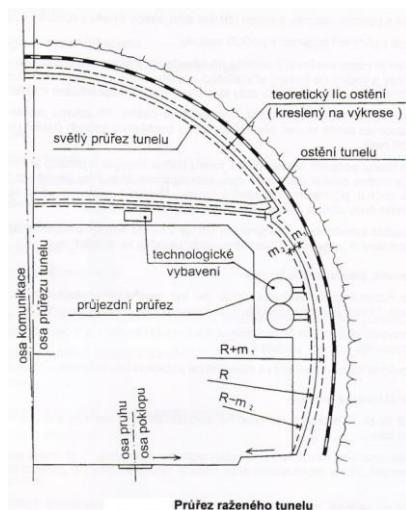
Parametry průjezdního průřezu


$$h = 4,50 \text{ m}, h_1 = 2,20 \text{ m}, h_2 = 0,20 \text{ m}$$

Doplněním o **podjezdnou výšku:**

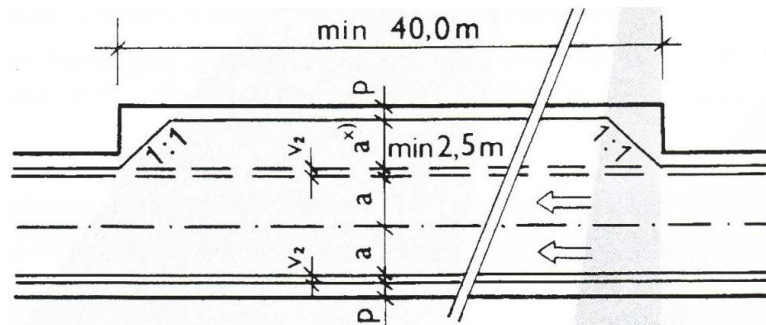
- Základní v. = 4,50 m (dříve 4,80 m)
- Může být ve zvlášť odůvodněných případech zvýšena
- Na místních obslužných komunikacích v. = 4,20 m
- Nad chodníky v. = 2,20 m (2,40 m nad přilehlou vozovkou)

Odvození průřezu tunelu -únikový tunel a chodba, nouzový a otáčecí záliv



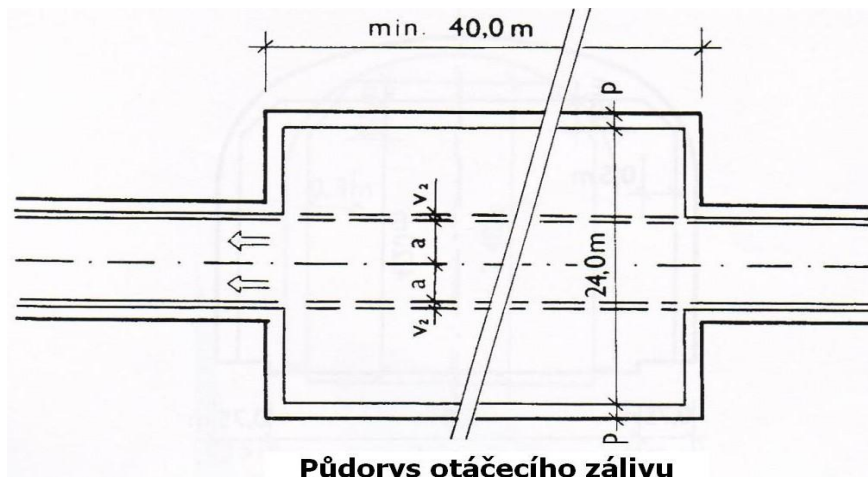
pro osoby po cca 350 m

Nouzové a otáčecí zálivy



Půdorys nouzového zálivu

Nouzový záliv volíme cca každých 700 m.



Půdorys otáčecího zálivu

Otáčecí záliv je volený jako každý druhý nouzový záliv.

3.4 Železniční tunely

a) Příčný průřez:

- průjezdný průřez závisí na kategorii a návrhové rychlosti (ČSN 73 7508)
- tvary jsou klenuté, podkovovité, kruhové (TBM)
- součástí bývají únikové východy, značení...

b) Podélný řez:

- bereme v potaz zátěž a rychlost vlaků, větší odpor vzduchu, vlhkost kolejí
- max. stoupání pro nákladní dopravu by nemělo překročit 20‰, pro osobní dopravu 40‰, minimální 2‰ – odtok vody

c) Směrové řešení:

- je ovlivněno napojením na stávající síť
- závislé na překážce, kterou tunel překonává

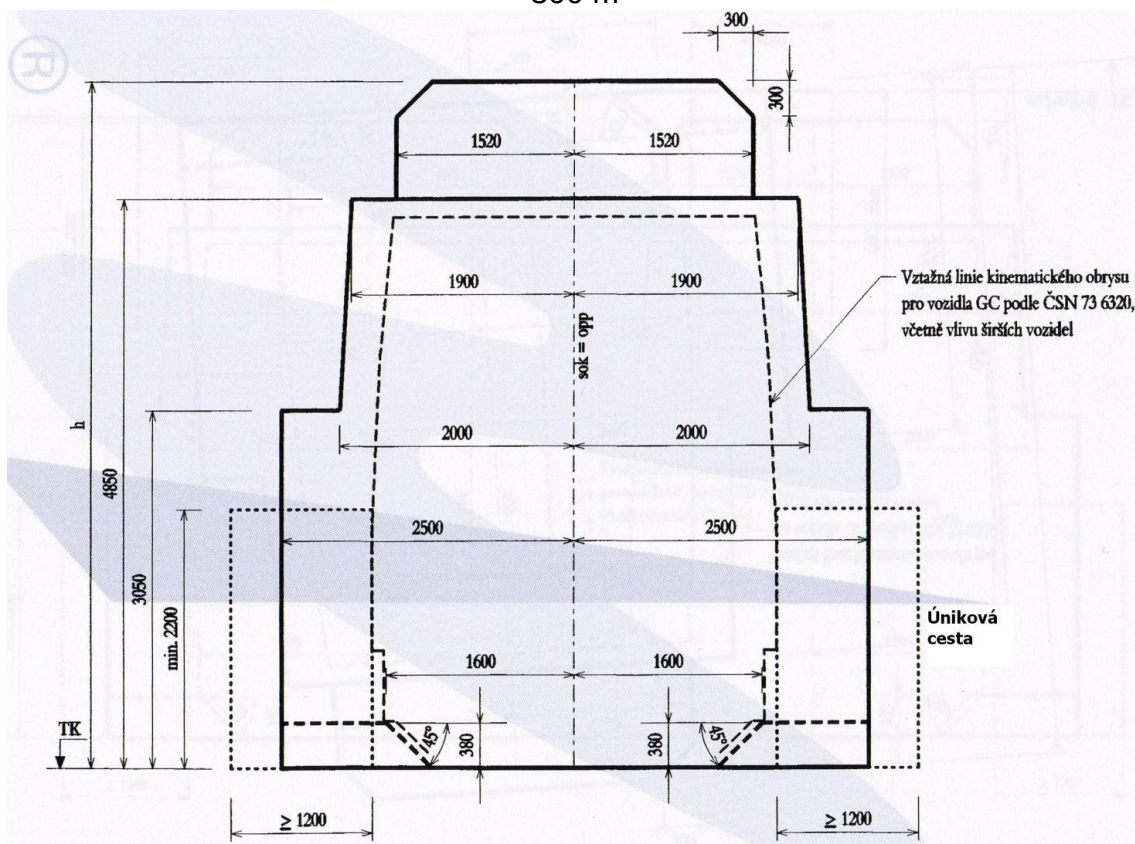
- minimální poloměr oblouku $R \geq 300\text{m}$, nejlépe však přímé – jednodušší betonáž a nejhospodárnější průřezný profil

Průřezný profil byl odvozen:

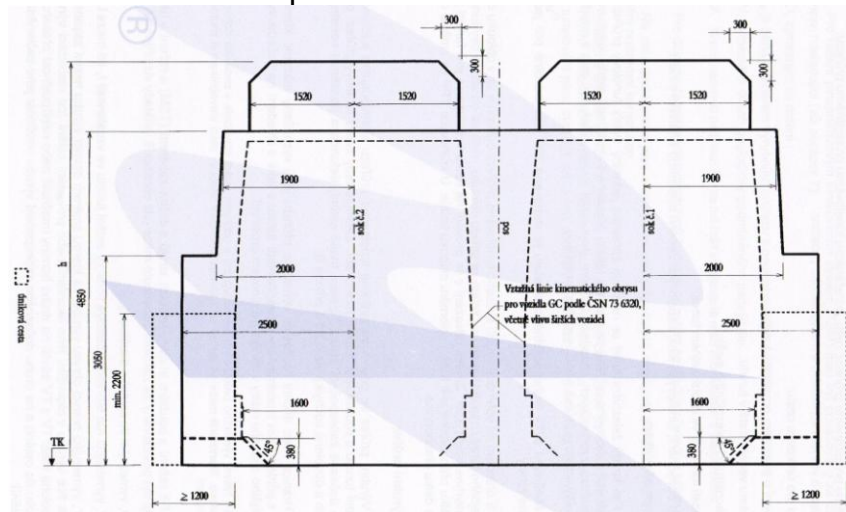
- z max. rozměru vozidla a z rozměru nákladu
- Na tratích ČD se postupně vyvíjel:
- Profil základní (z obrysu vozidla) Pz, dále:
- O-VM (обрыс-вагонный международный)
- Od r. 1957 1-VM (еднотный-в. м.), z něj pak:
- Průřezný Ø 1-SM (е.-строителный м.) resp. 1-SME (электрификованный)

Nyní: **tunelový průřezný průřez** podle ČSN 73 7508/2002 (Železniční tunely). Pro každý tunel navrhovat pokud možno JEDNOTNÝ průřez. Výjimka u tunelů v obloucích různých poloměrů. Tunelový průřez se navrhuje z extrémních hodnot poloměru r a převýšení kolejí

Tunelový průřezný průřez pro elektrizovanou trať v přímé a v oblouku o poloměru $R \geq 300\text{ m}$



Sdružený tunelový průjezdný průřez pro elektrizovanou trať v přímé a v oblouku o poloměru $R \geq 300$ m



3.5 Městské podzemní stavby

Kolektory

a) Příčný průřez:

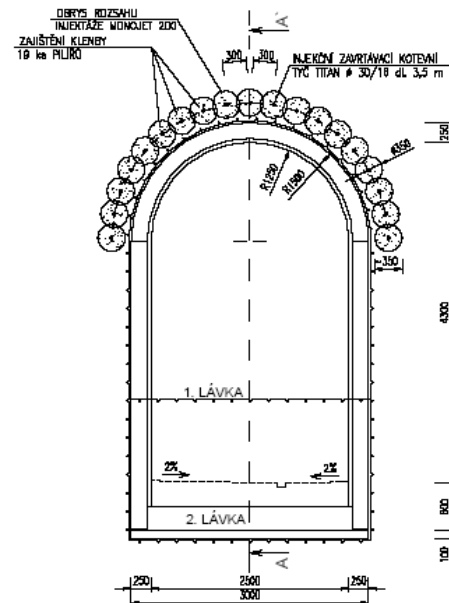
- tvar závisí na vybavení kolektoru
- příčný sklon musí zajistit odtok vody do žlabu
- tvar je nejčastěji podkovovitý

b) Podélný řez:

- max. podélný sklon odpovídá dopravě při výstavbě a následném užívání
- minimální podélný sklon musí zajistit gravitační odtok vody

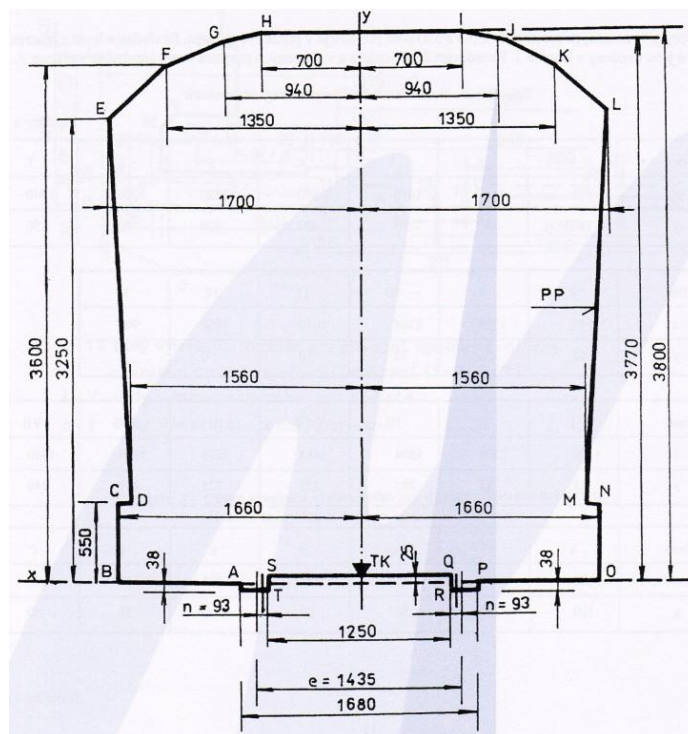
c) Směrové řešení:

- závisí na dopravě, geologii, ekonomice, atd.



Metro

Vychází z **průjezdného průřezu metra** podle **ČSN 73 7509 /1995** (Průjezdný průřez metra)



Průjezdny průřez metra

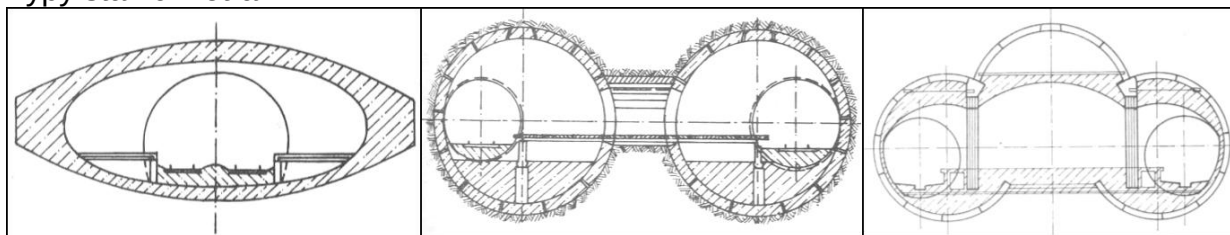
Příčný průřez a směrové vedení:

- zásady jako u železničních tunelů, pamatovat na zvětšení v případě naklonění soupravy z důvodu zakřivení tratě

Podélný řez:

- sklon nivelety je ovlivněn městskou zástavbou
- maximální a minimální sklony odpovídají železničním tunelům

Typy stanic metra:



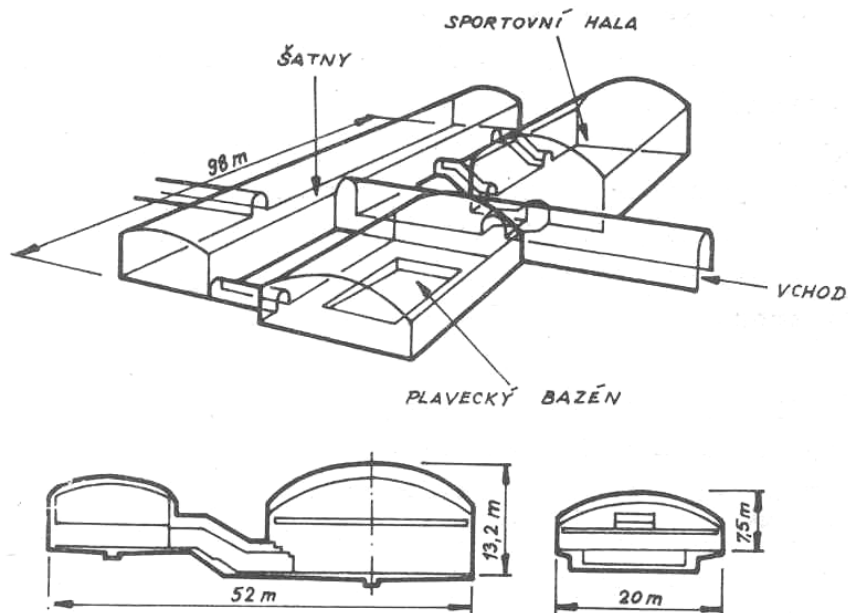
Jednolodní stanice

Dvoulodní stanice

Třílodní stanice

Halové stavby

- Patří sem kaverny, podzemní zásobníky, objekty civilní obrany, kulturní podzemní objekty, podzemní garáže atd.
- Příčné, podélné i směrové řešení odpovídá individuálním potřebám té-které stavby.

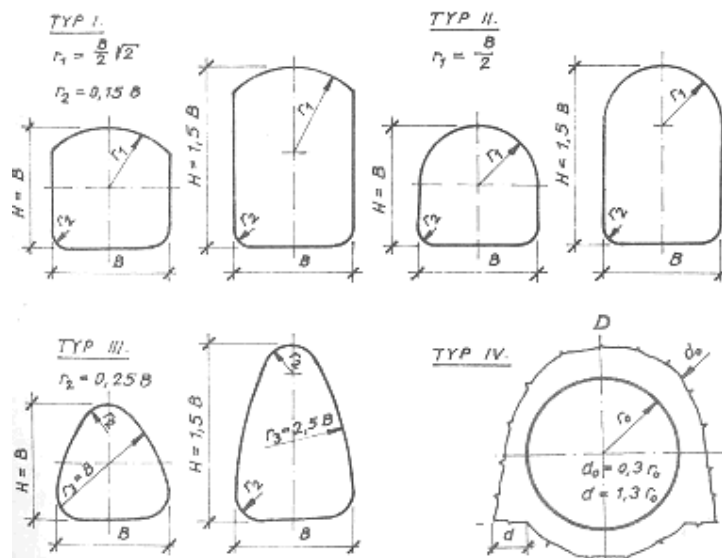


Hydrotechnické štolý

Dělíme je na:

beztlakové
tlakové

- Průřez závisí na horninovém prostředí a typu
- Sklon by měl být na celé trase konstantní
- Směrový poloměr oblouků je 2,5-5ti násobkem průměru



Hydrotechnické štolý: typ I, II, III je pro beztlakové, typ IV je pro tlakové