



ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra geotechniky

---

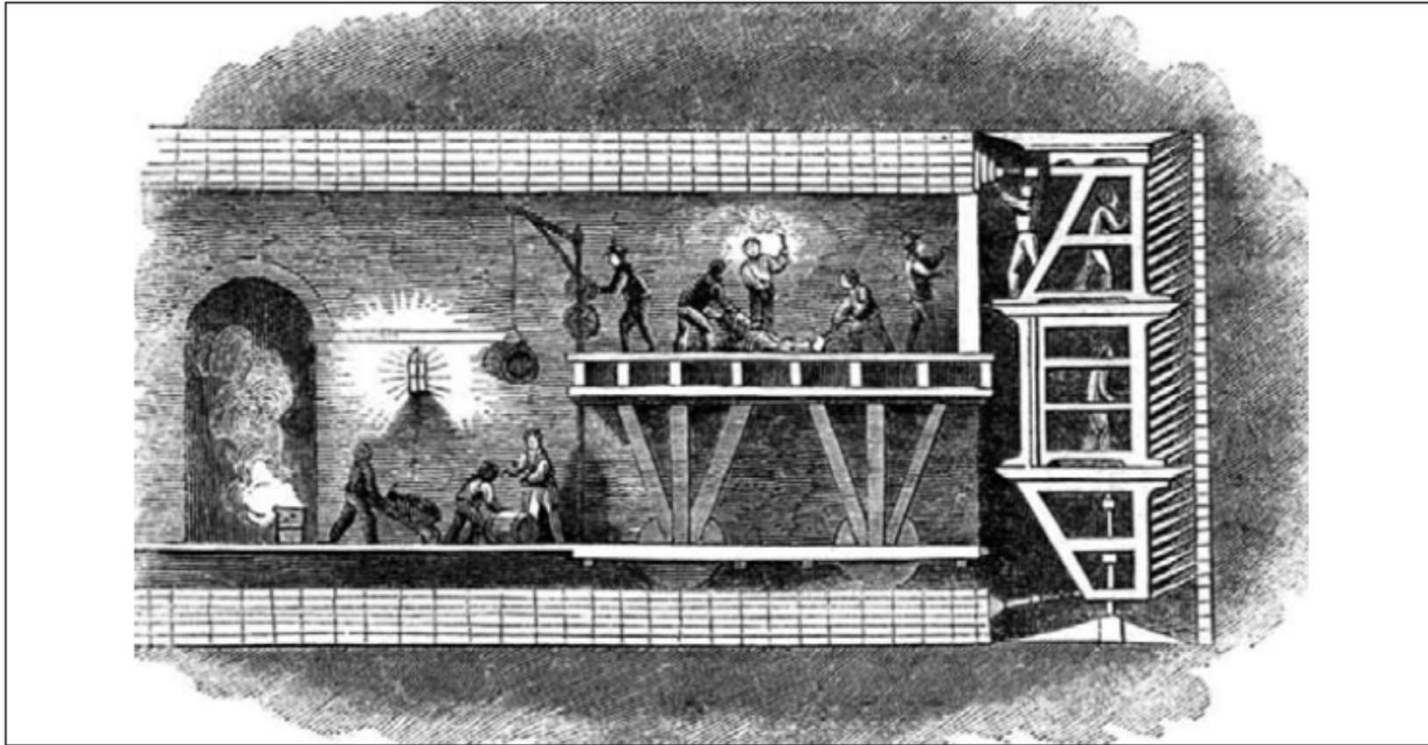
# PLNOPROFILOVÉ STROJNÍ TUNELOVÁNÍ

## 5. část

doc. Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.

12/2022

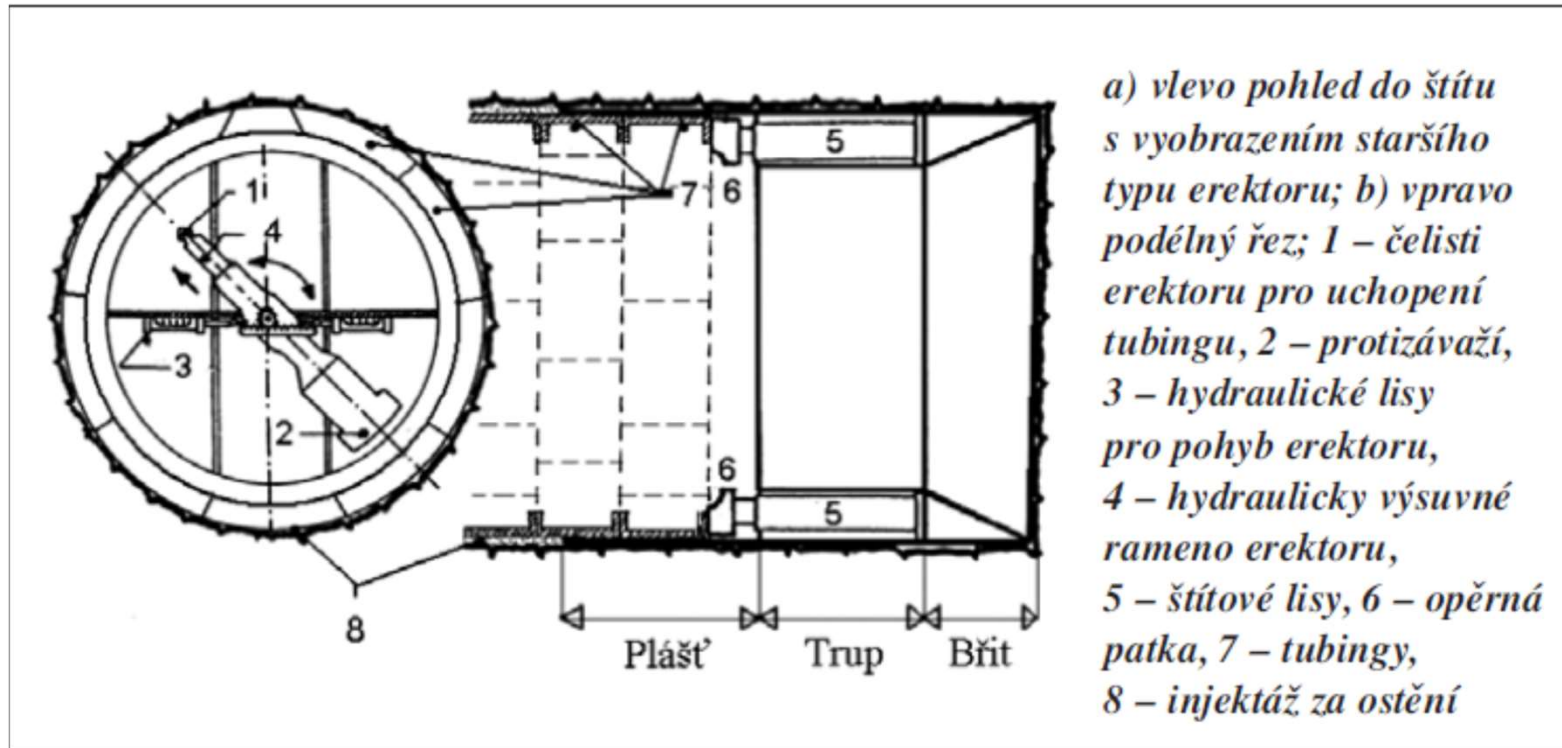
# Historie



*Brunelův nemechanizovaný štít (cca 1830)*

**460 m dlouhý tunel** pod Temží v Londýně, vybudovaný v letech 1825 až 1842. Ražbu tunelu ve velmi obtížných geologických podmínkách, **bahně, jílech a píscích nasycených vodou**, uskutečnil bývalý námořní důstojník francouzského původu sir *Marc Isambard Brunel* pomoci štítu obdélníkového profilu o velikosti 7,1x11,4 m. Následně součást 1. linky Londýnského metra.

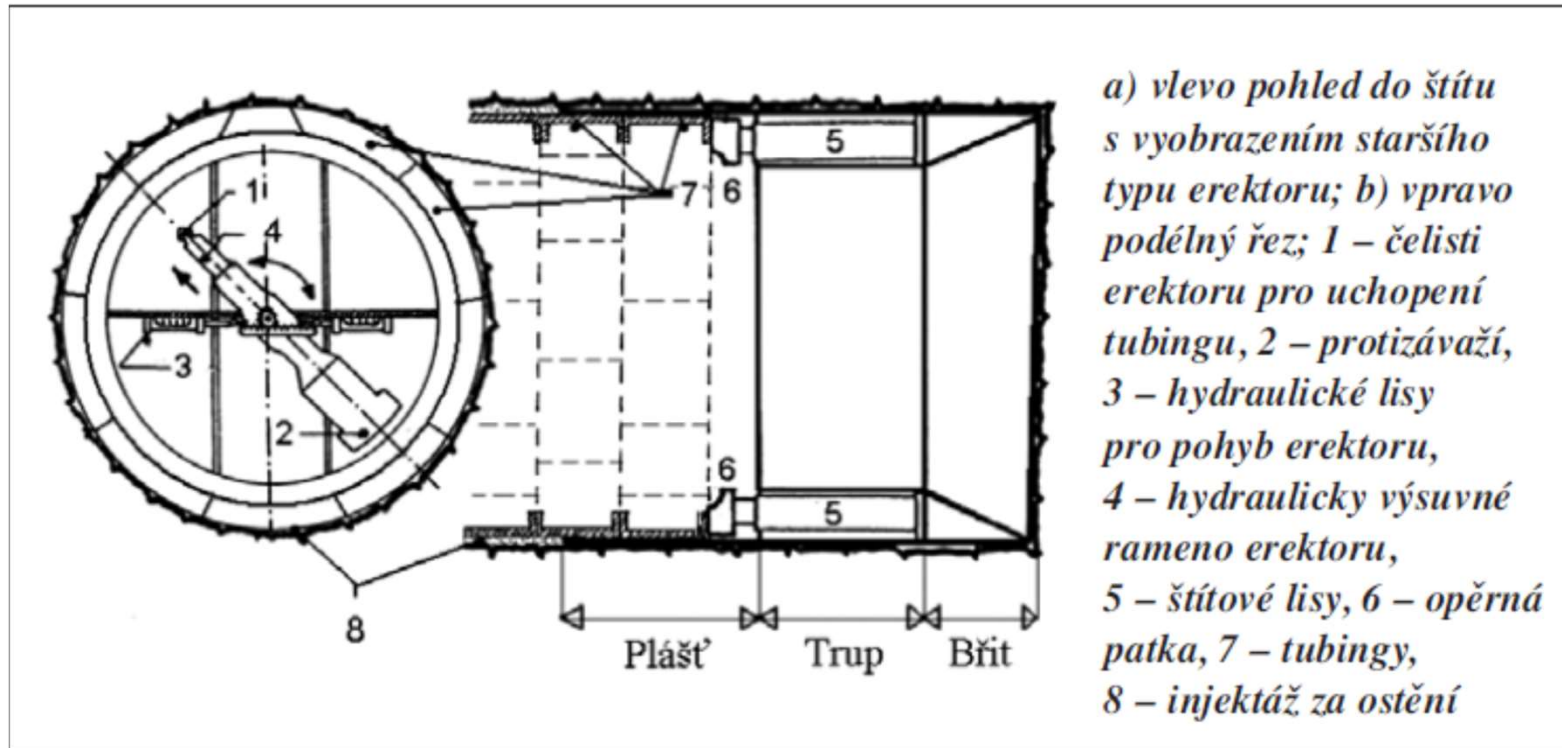
# Historie



*Schéma nemechanizovaného tunelovacího štítu*

První tunel ražený štítem za **přetlaku vzduchu** (0,2 MPa) byl realizován pod řekou St. Clair na hranici mezi Kanadou a USA v letech 1888 až 1890. Železniční **tunel délky 1880 m**, s kruhovým profilem o  $\varnothing$  6,4 m, měl ostění z litinových tubingů a ražba proběhla s průměrnou rychlostí cca 70 m/měsíc.

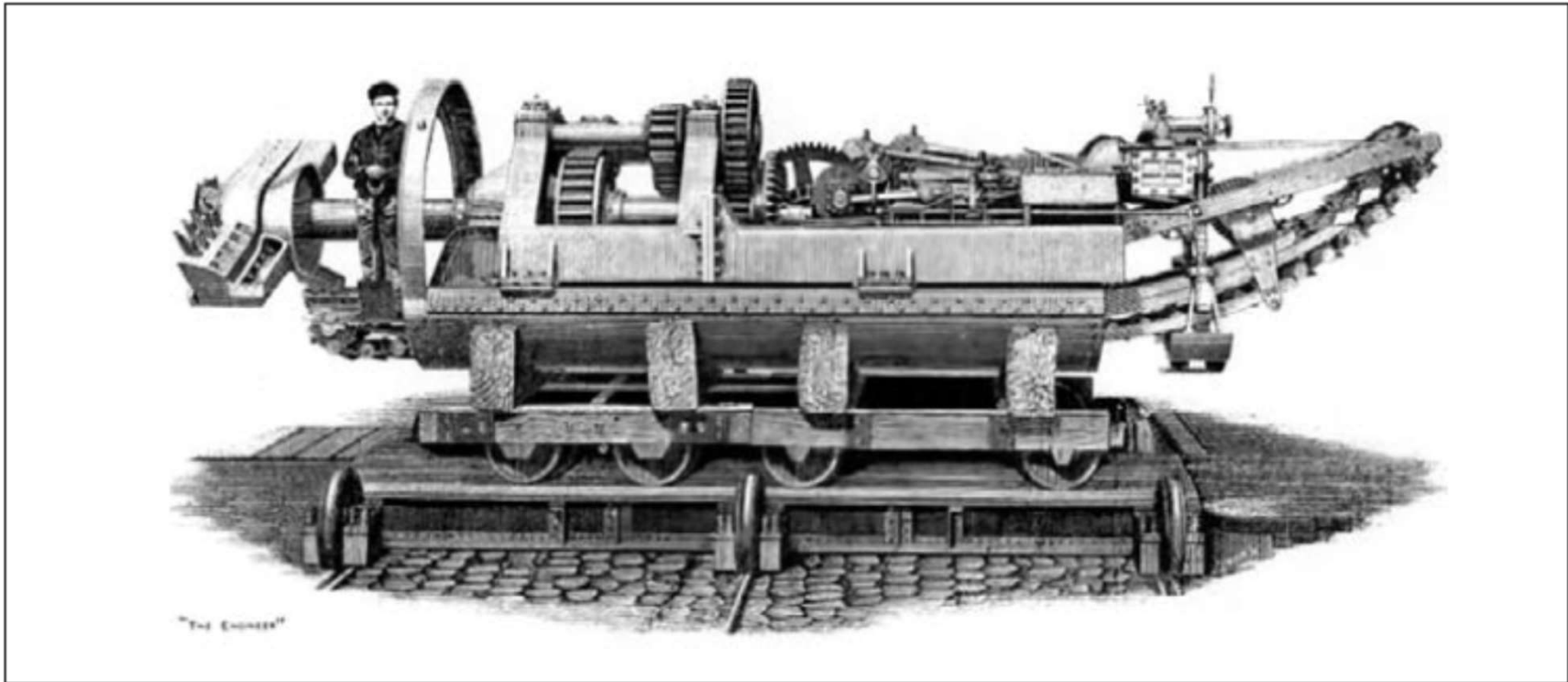
# Historie



*Schéma nemechanizovaného tunelovacího štítu*

Stejnou technologii byl vybudován v letech 1892 až 1897 známý silniční **tunel Blackwall**, ražený pod Temží u Greenwiche ve zvodnělých písčích, štěrcích a jílech. Z celkové délky 1890 m bylo **940 m raženo štítem o  $\varnothing$  7,38 m**, s přetlakem vzduchu na čelbě 0,26 MPa. Ostění bylo provedeno z litinových tubingů a ražba proběhla s průměrnou rychlostí cca 30 m/měsíc.

# Historie



*Mechanizovaný razicí stroj Beaumont/English (1880)*

**První mechanizovaný razicí stroj**, principiálně charakterizovaný vyvrtáváním plného profilu tunelu v pevné hornině, byl zkonstruován později než tunelovací štít a byl také méně úspěšný. Stroj navržený a patentovaný Ch. Wilsonem („Wilson stone-cutting machine“) byl testován v roce 1853 při ražbě tunelu Hoosack (USA, Massachusetts). Vyraženy tímto způsobem jen 3 m (problémy s dláty). Následně trhací práce.

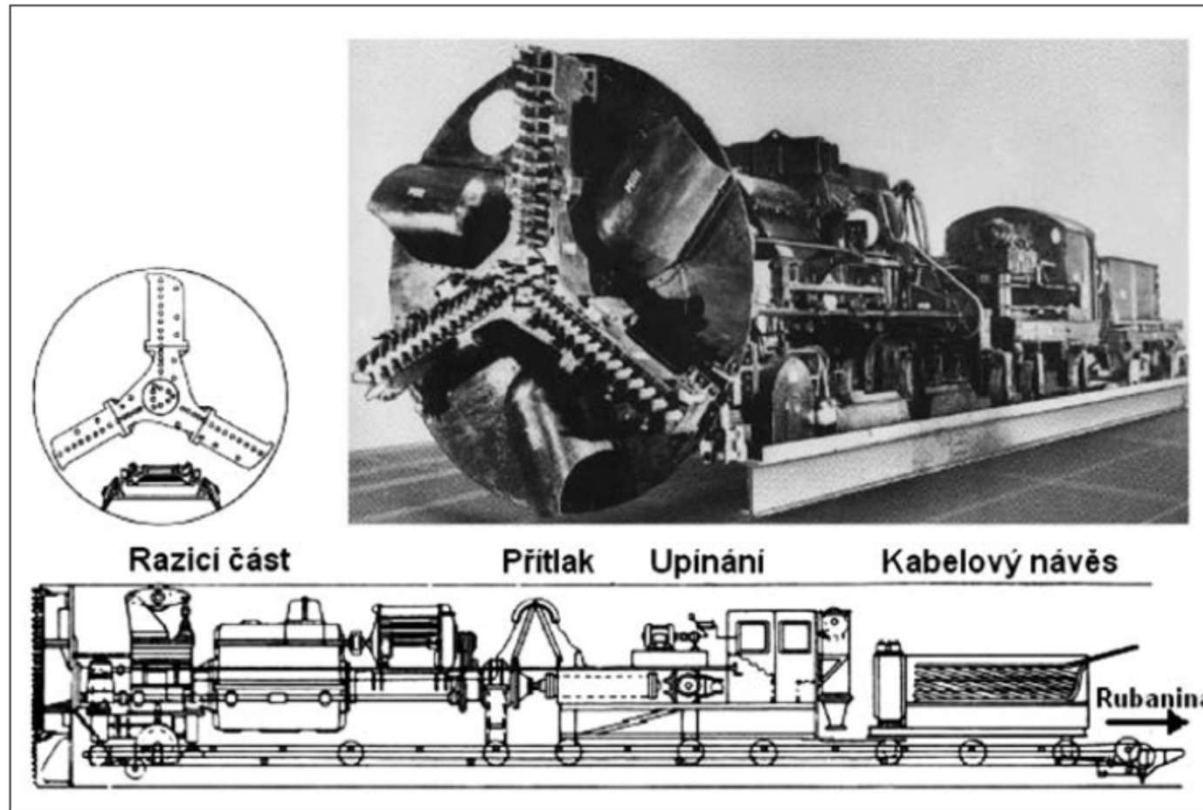
# Historie



*Průzkumná štola vyražená v roce 1881 strojem Beaumont/English (1. pokus o Channel Tunnel)*

Podstatně úspěšnější byly dva razící stroje Beaumont/English  $\varnothing$  2,13 m, které byly nasazeny v letech 1881 až 1882 na ražbu **průzkumných štol v rámci prvního pokusu o realizaci tunelu pod kanálem La Manche**. Dvouramenná vrtací hlava s pevnými dláty, která se točila kolem podélné osy. Stroj se pohyboval na kolejovém podvozku a při vrtání byl stabilizován rozpěrnými deskami do stěn výrubu (za 2 roky 4,5 km). Projekt přerušen z politických důvodů (izolace GB).

# Historie



*Mechanizovaný razicí stroj Schmidt, Kranz (1931)*

Tříramenná razicí hlava s pevnými dláty  $\varnothing$  3,0 m, pohyboval se po kolejích a byl používán pro ražbu překopů a větracích chodeb v hnědouhelných dolech s průměrným denním postupem 15 m/den. První znaky moderních plnoprofilových strojů.

# Historie

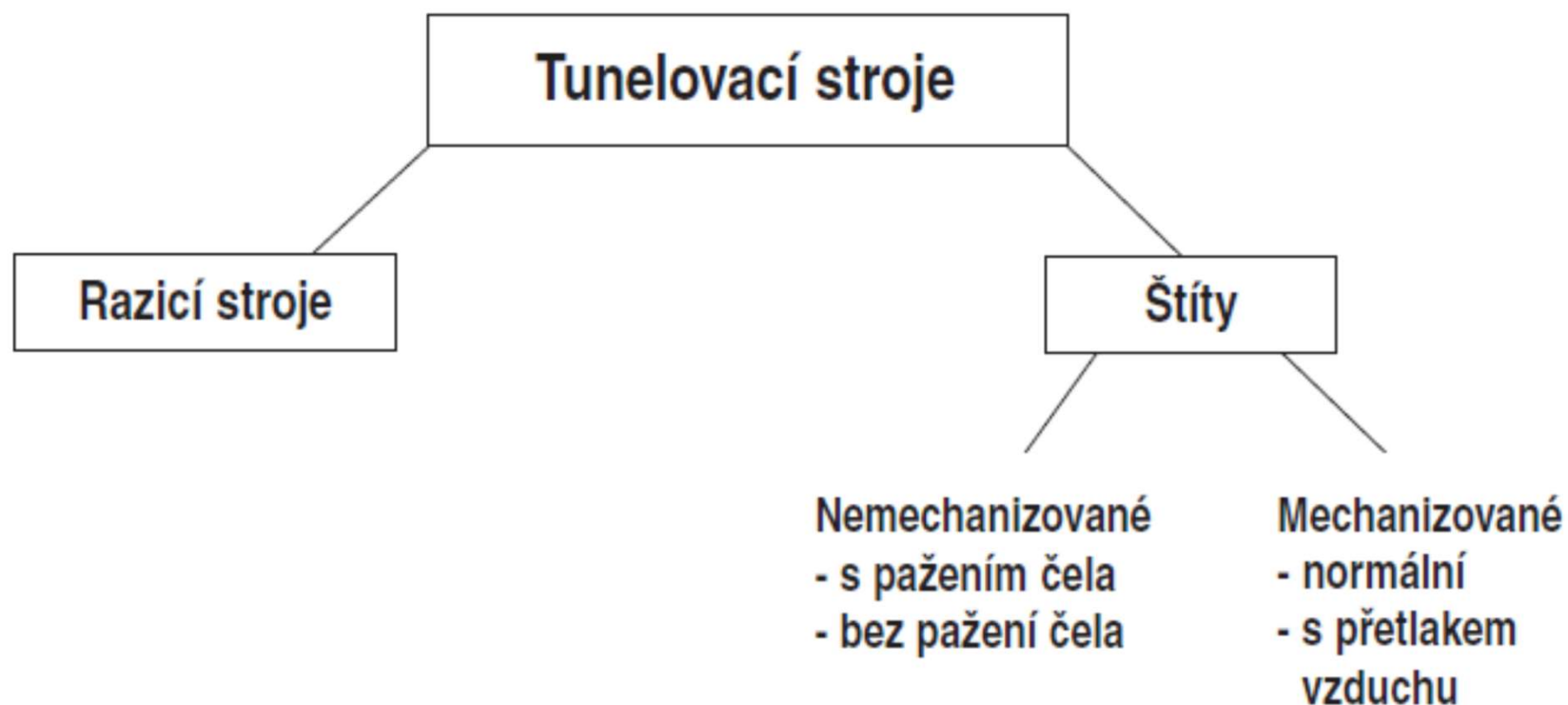


*Mechanizovaný razicí stroj Alpine SBM 720*

V ČR proběhla poprvé ražba mechanizovaným plnoprofilovým razícím strojem na stavbě **štolového přivaděče pitné vody pro město Chomutov z vodního díla Pisečnice** (1970 až 1975), kde byl použit německý stroj Demag o průměru 2,67 m. Dále použit na vodních dílech Dřínov, Josefův důl, Slezská harta a na kabelových štolách v Praze (celkem vyraženo 23,041 km). Metro – 1969 na „C“, 1971-1985 na „B“.

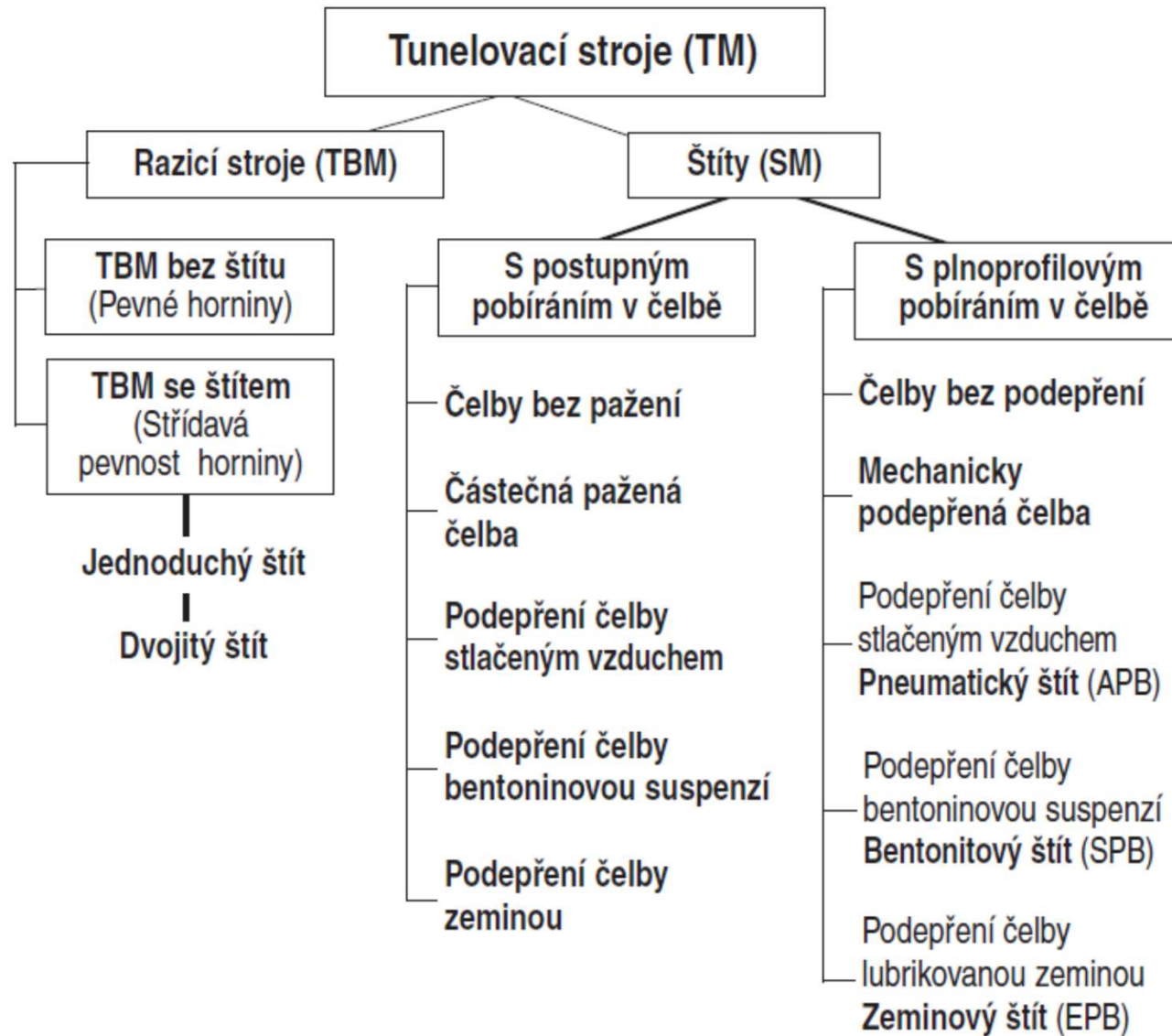


# Rozdělení plnoprofilových strojů



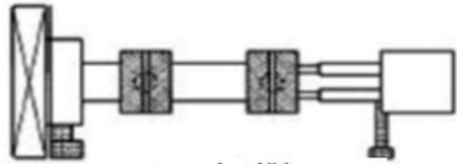
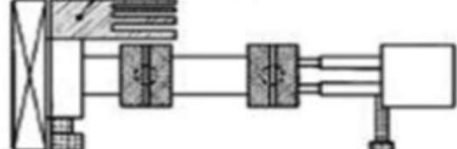
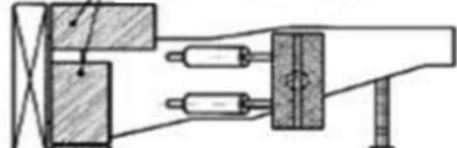
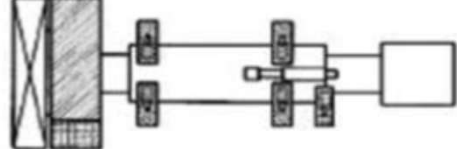
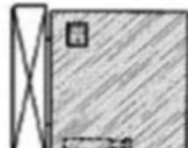
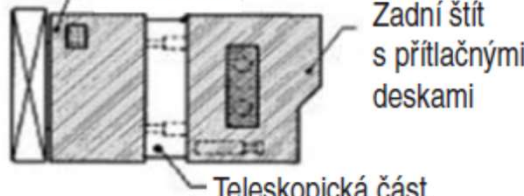
*Základní české názvosloví pro plnoprofilové tunelovací stroje*

# Rozdělení plnoprofilových strojů



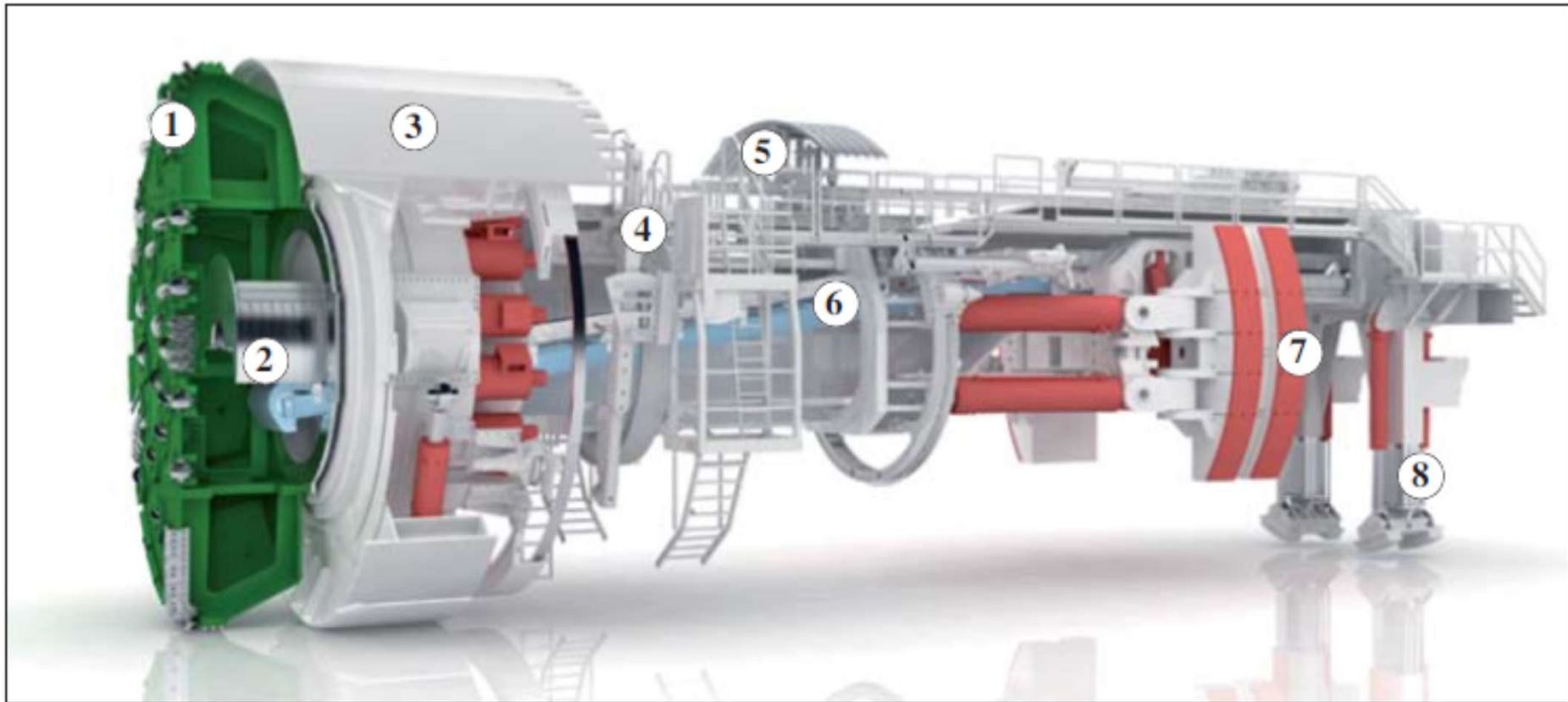
*Typové rozdělení tunelovacích strojů*

# Rozdělení plnoprofilových strojů

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Razicí stroje bez štítu (gripper TBM)</p>	<p>Razicí stroj bez ochrany stropu</p>	
	<p>Razicí stroj s ochranou stropu</p>	 <p>stropní plášť</p>
	<p>Stroj s ochranou stropu a bočními deskami (řízení)</p>	 <p>stropní a opěrový plášť</p>
	<p>Stroj s ochranou prostoru za razicí hlavou (osádka)</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Razicí stroje se štítem</p>	<p>Razicí stroj s jednoduchým štítem</p>	
	<p>Razicí stroj s dvojitým štítem</p>	 <p>Přední štít</p> <p>Zadní štít s přítlačnými deskami</p> <p>Teleskopická část</p>

Schématické znázornění typů razících strojů do skalních hornin

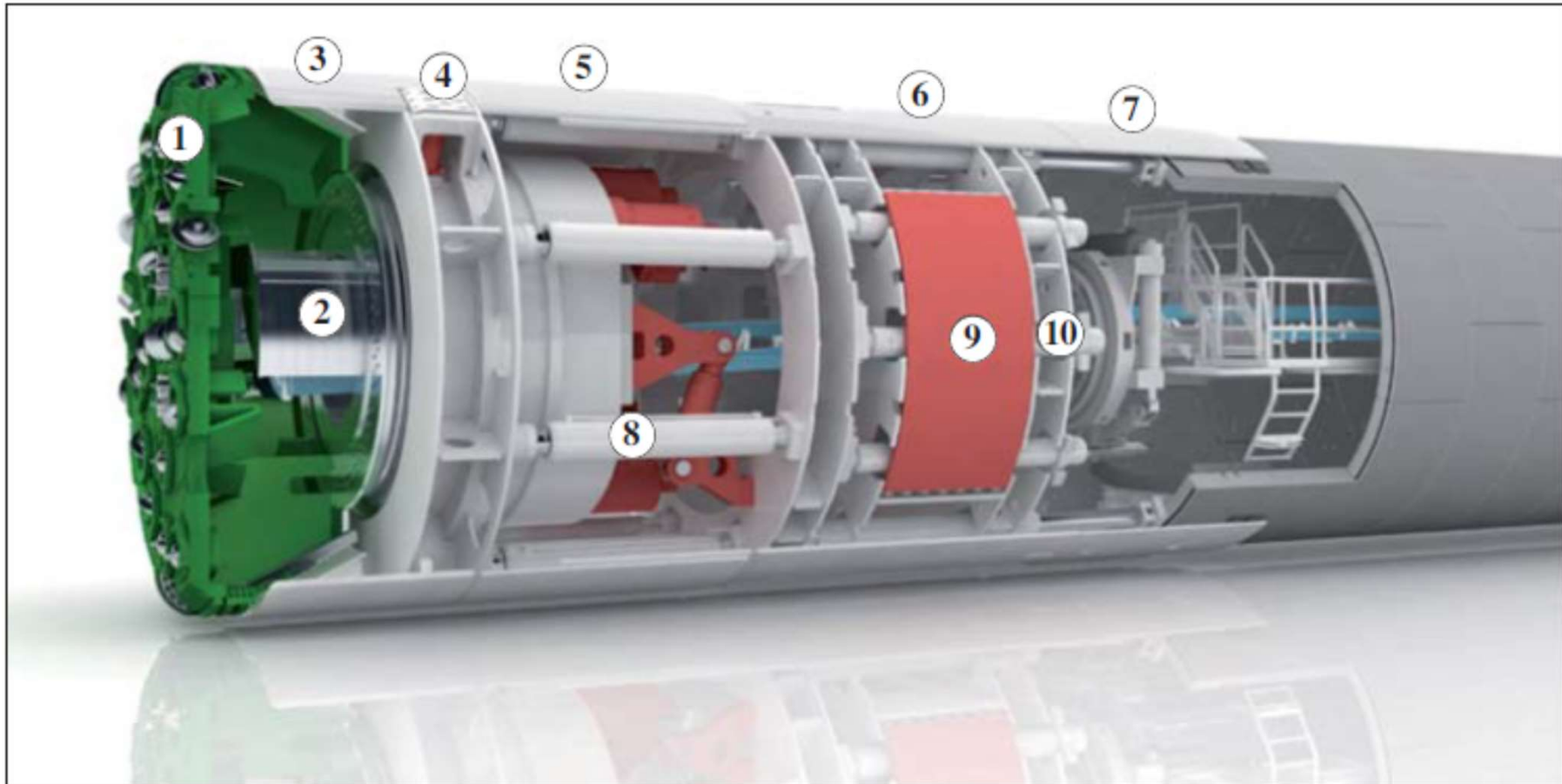
# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Obr. 13 TBM bez štítu (s ochranným štítkem)*

*1 – řezná hlava, 2 – sběrač rubaniny, 3 – ochranný štítek, 4 – vrtačka, 5 – erektor pro instalaci kari sítí / profilované výztuže, 6 – pásový dopravník, 7 – radiální rozpěrné desky, 8 – spodní výsuvné podpěry*

# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Obr. 15 Razicí stroj TBM s dvojitým štítem*

*1 – řzná hlava, 2 – sběrač rubaniny, 3 – přední štít, 4 – stabilizátor, 5 – střední štít, 6 – část středního štítu s přitlačnými deskami, 7 – zadní štít, 8 – přední tlačné písty, 9 – přitlačná radiální deska, 10 – zadní tlačné písty*

# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



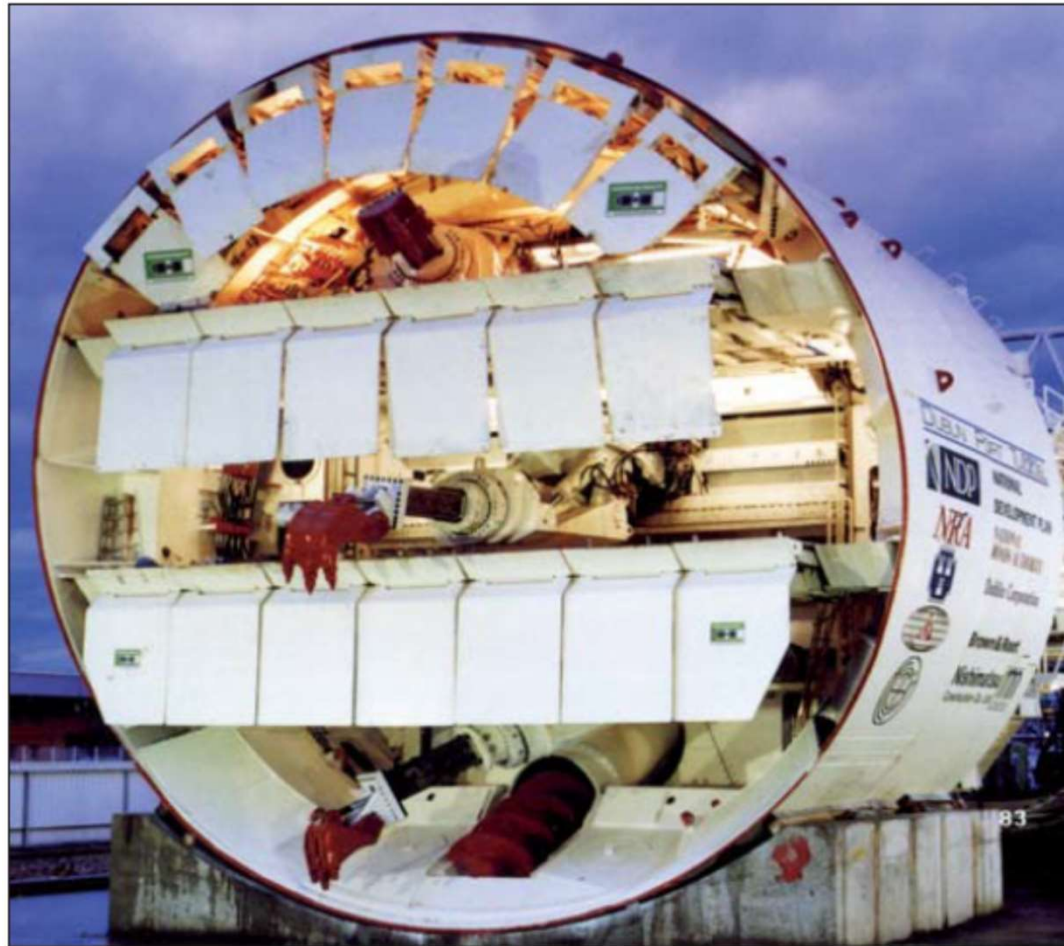
*Razicí stroj s dvojitým štítem ( průměr 9,5 m, Guadarrama North)*

# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Štít s postupným pobíráním v čelbě pro tlakový i netlakový režim*

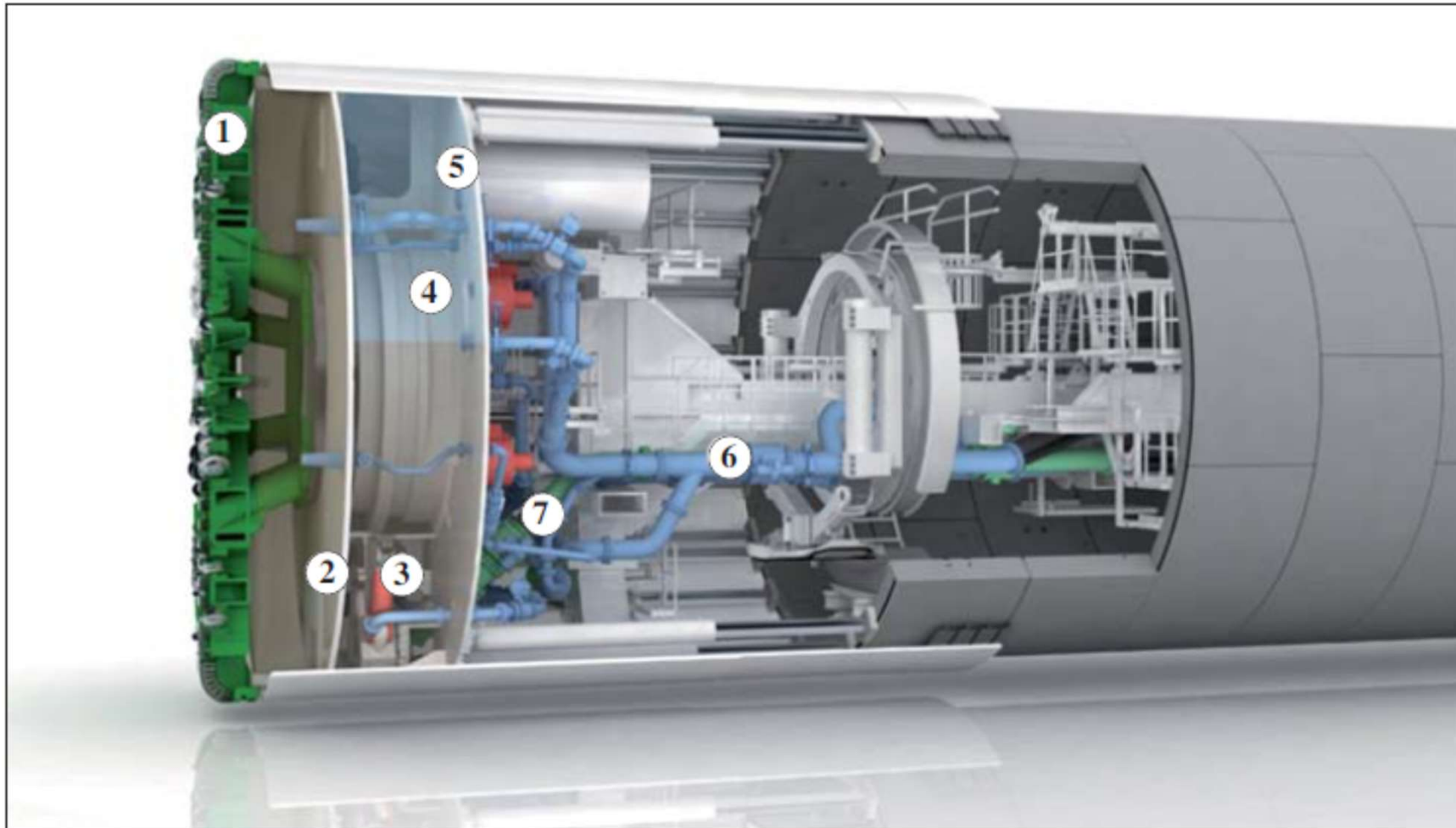
# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Štít s postupným pobíráním v čelbě a částečným pažením čelby*



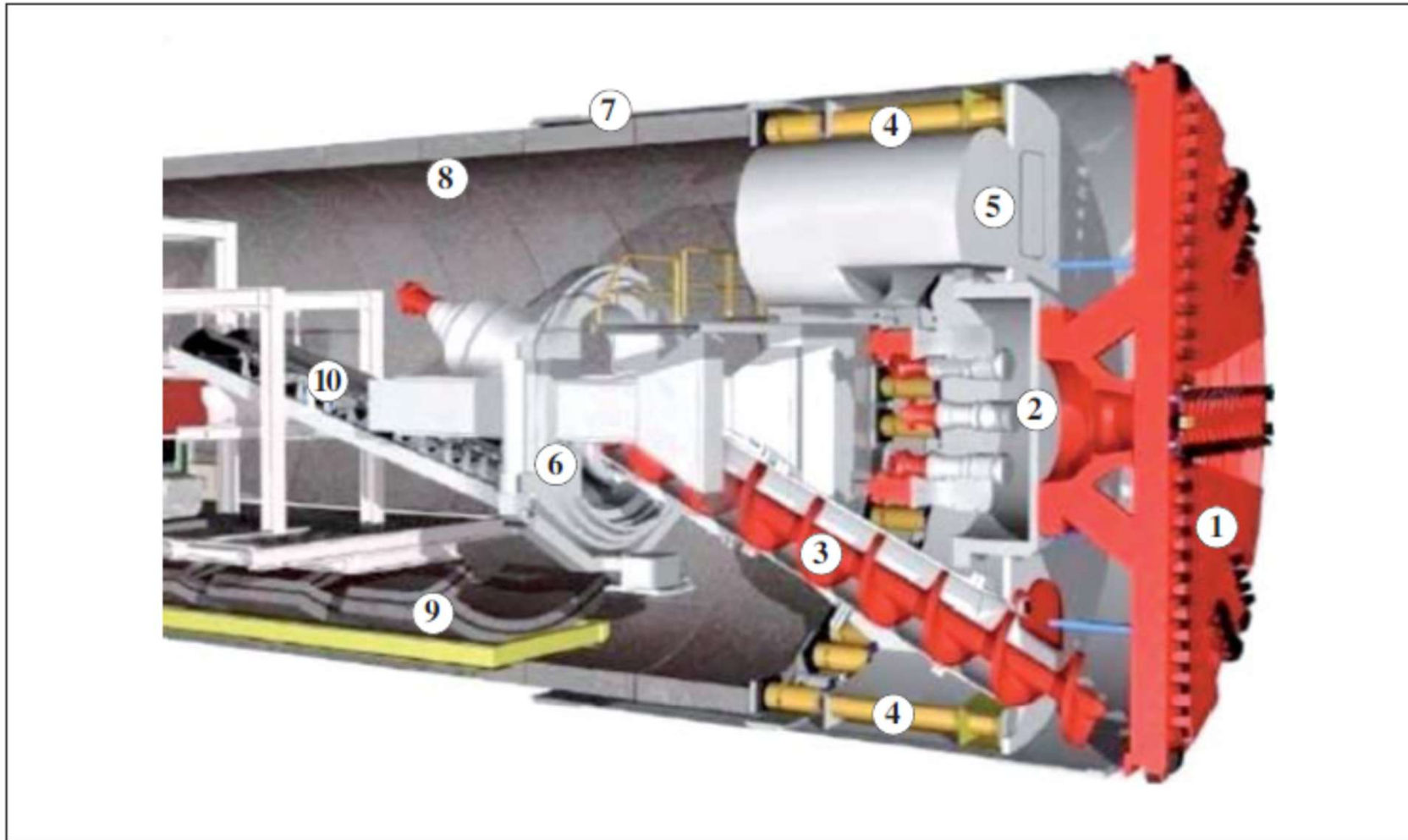
# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Obr. 23 Bentonitový „hydro“ štít*

*1 – řezná hlava, 2 – přepážka se spodním prostupem, 3 – čelistová drtička balvanů,  
4 – vzduchový polštář, 5 – tlaková přepážka, 6 – přívod bentonitu,  
7 – odvod bentonitu s rubaninou*

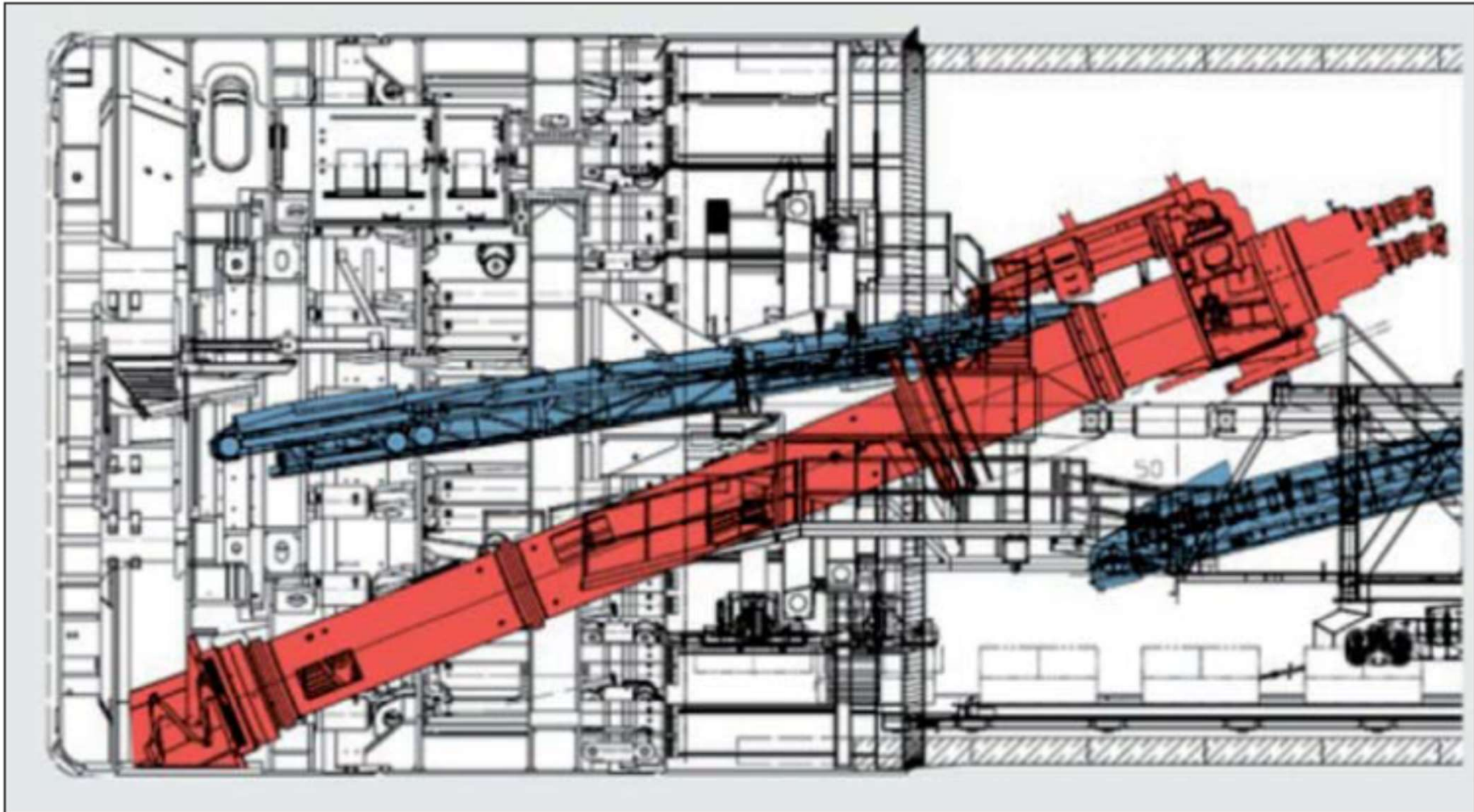
# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Obr. 26 Průřezové schéma zeminovým štítem*

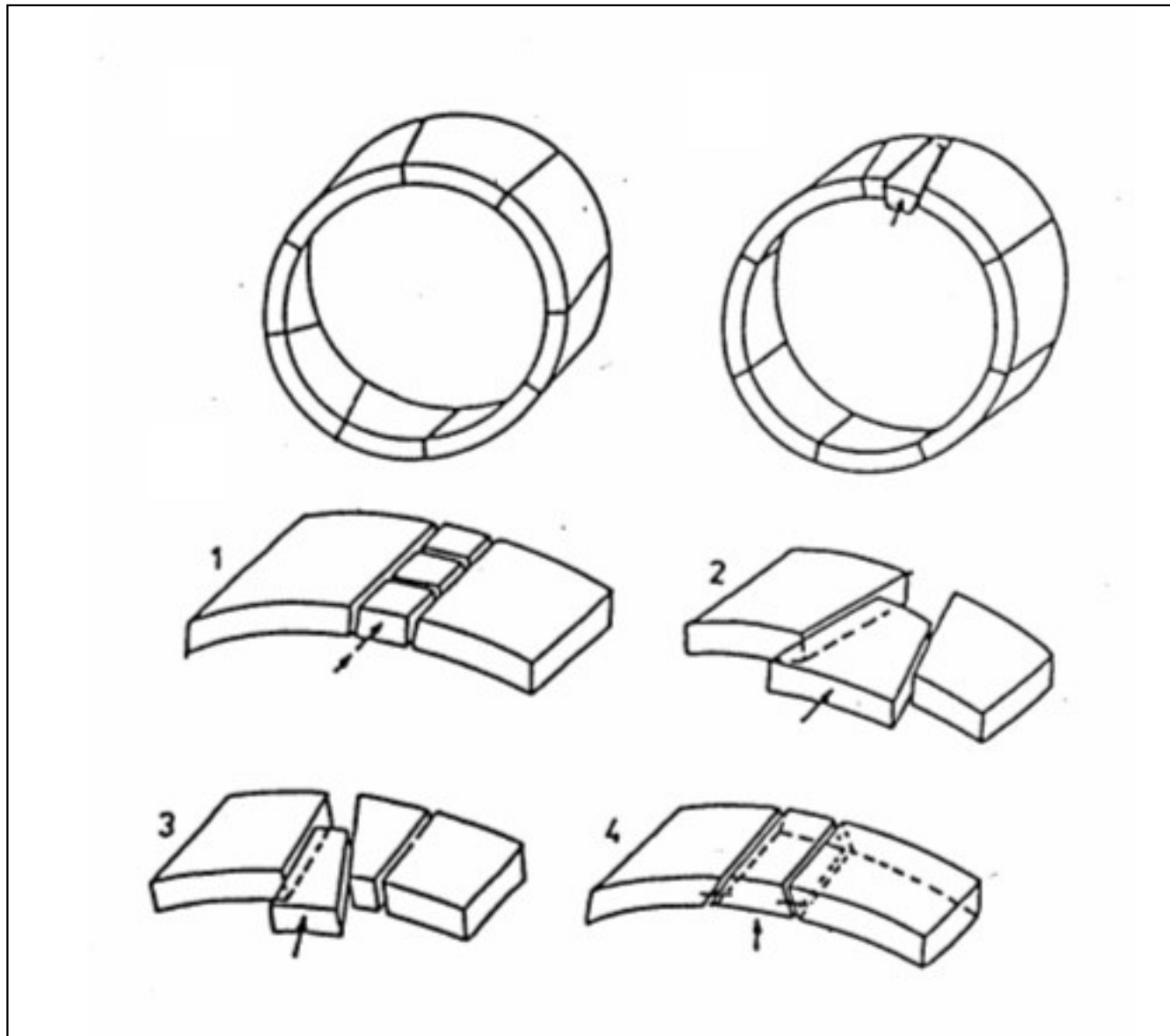
*1 – razicí hlava, 2 – tlakotěsná přepážka, 3 – šnekový dopravník, 4 – štítové lisy, 5 – přístupová tlaková komora, 6 – kruhový erektor, 7 – plášť štítu, 8 – ostění, 9 – dílce ostění, 10 – dopravník*

# Jednotlivé druhy plnoprofilových strojů



*Obr. 27 Kombinace razicího stroje TBM s jednoduchým štítem pro skalní podmínky a zeminového štítu, obrázek znázorňuje ražbu v módu zeminového štítu*

# Segmentové ostění



uzavírání

# Segmentové ostění



Drážka pro vlepení pryžového těsnění

# Segmentové ostění



Těsnění spar mezi žebet dílci

# Segmentové ostění



Výroba jednotlivých segmentů

# Dílčí operace při ražbě



*Osazení sv. Barborky .....*



# Dílčí operace při ražbě



*Navážení segmentů .....*

# Dílčí operace při ražbě



*Navážení segmentů .....*

# Dílčí operace při ražbě



*Navážení segmentů .....*

# Dílčí operace při ražbě



*Ražba .....*

# Dílčí operace při ražbě



*Ražba .....*

# Dílčí operace při ražbě



*Ražba .....*

# Dílčí operace při ražbě



Ražba .....

# Dílčí operace při ražbě



*Odtěžování rubaniny ...*



# Dílčí operace při ražbě



*Odtěžování rubaniny ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Odtěžování rubaniny ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Odtěžování rubaniny ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Ukládání segmentů ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Ukládání segmentů ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Ukládání segmentů ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Ukládání segmentů ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Ukládání segmentů ...*



# Dílčí operace při ražbě



*Sekundární injektáž ...*

# Dílčí operace při ražbě



*V hlavě ...*

# Dílčí operace při ražbě



*V hlavě ...*

# Dílčí operace při ražbě



*V hlavě ...*

# Dílčí operace při ražbě



*V hlavě ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Výměna disků ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Výměna disků ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Větrání ...*



# Dílčí operace při ražbě



*Větrání ...*

# Dílčí operace při ražbě



*Prorážka ....*

# Dílčí operace při ražbě



*Rozebírání ...*

# Komplikace při ražbě



*Přítoky .....*

# Komplikace při ražbě



*Přítoky .....*

# Komplikace při ražbě



*Přítoky .....*

# Komplikace při ražbě



*Přítoky .....*

# Komplikace při ražbě



*Přítoky .....*



# Komplikace při ražbě



*Porušené ostění ...*

# Komplikace při ražbě



*Přetěžní horniny .....*

# Komplikace při ražbě



*Mostní provizorium ...*