

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



# DIPLOMOVÁ PRÁCE





## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem magisterskou diplomovou práci na téma „Supervize tunelových staveb v ČR a v zahraničí“ řešila samostatně, a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu.

V Praze

.....

podpis



## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Radanovi Tomkovi, MSc. za jeho vedení při zpracování této práce.

Vřelý dík patří dále i ostatním členům katedry ekonomiky a řízení ve stavebnictví za jejich pomoc a vstřícnost.

Na závěr bych ráda poděkovala celé své rodině a všem blízkým za trpělivost, užitečné rady a podporu v průběhu celého studia.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**SUPERVIZE TUNELOVÝCH STAVEB V ČR A V ZAHRANIČÍ**

SUPERVISION OF THE TUNNEL CONSTRUCTION IN THE CZECH  
REPUBLIC AND ABROAD



## **ABSTRAKT**

Předmětem této diplomové práce je popis jednotlivých podzemních staveb v určených lokalitách a jejich porovnání z hlediska supervizora. V teoretické části jsou popsány počátky podzemních staveb, základní tunelovací metody a seznámení s pojmem supervize. V praktické části jsou čtenáři nejprve seznámeni s lokalitami a následně jsou popsány konkrétní stavby. Dále jsou shromážděny poznatky z dozorování na stavbách, které jsou mezi sebou porovnány a vyhodnoceny. Supervizor je nezávislý dozor investora, který kontroluje průběh výstavby a dohlíží na správné provedení a kvalitu stavby. Diplomová práce prokazuje potřebnost a význam této funkce na stavbách.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Podzemní stavby, Tunel, NRTM, Dozor, Supervize, Supervizor, Česká republika, Čína, Indie



## **ABSTRACT**

The aim of this master thesis is to determine individual underground constructions in specified localities and their comparison from supervisor point of view. The theoretical part describes the beginnings of underground constructions, the basic tunnelling methods and the introduction of the concept of supervision. In the practical part, the readers firstly become acquainted with these localities and hereafter, specific constructions are described. After that, findings from the supervision of the constructions are written and they are compared and evaluated among themselves. The supervisor is an independent supervisor of the investor who controls the progress of the construction and oversees the correct execution and quality of the construction. This master thesis proves how important it is to have an independent construction monitoring.

## **KEY WORDS**

Underground constructions, Tunnel, NRTM, Monitoring, Supervision, Supervisor, Czech Republic, China, India



## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>11</b>
1.1	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	11
1.2	POUŽITÉ METODY ŘEŠENÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	12
<b>2</b>	<b>PODZEMNÍ STAVBY OD MINULOSTI K SOUČASNOSTI</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>PODZEMNÍ STAVBY – TUNEL</b>	<b>16</b>
3.1	DEFINICE PODZEMNÍ STAVBY	16
3.2	DEFINICE TUNELU	16
3.3	METODY VÝSTAVBY TUNELŮ	17
3.3.1	<i>Prstencová metoda a nemechanizované štítování</i>	18
3.3.2	<i>Plnoprofilové tunelovací stroje (TBM – Tunnel Boring Machines)</i>	18
3.3.2.1	TBM bez štítu	19
3.3.2.1.1	TBM se štítem	20
3.3.3	<i>Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM)</i>	20
3.3.3.1	Definice NRTM	20
3.3.3.2	Začátky NRTM	21
3.3.3.3	NRTM v ČR	21
3.3.3.4	Principy organizační a smluvní	22
3.4	FIRMY V ČR A TECHNOLOGIE	23
3.4.1	<i>Vývoz českých kapacit do zahraničí</i>	25
3.4.1.1	Island – tunel Norðfjörður	26
3.4.1.2	Norsko – tunel Veitastrand a tunel Joberg	26
3.4.1.3	Finsko	27
<b>4</b>	<b>ZADÁVÁNÍ PODZEMNÍCH STAVEB</b>	<b>28</b>
4.1	SPECIFIKA ZD PRO VÝBĚR DODAVATELE (NRTM)	28
4.1.1	<i>Technologické třídy výrubu</i>	28
4.1.2	<i>Výkaz výměr</i>	29
4.1.3	<i>Časová a věcná složka ceny</i>	29
4.2	RIZIKA PŘI ZADÁVÁNÍ STAVBY	30
4.3	POŽADAVKY NA ROZSAH A OBSAH ZADÁVACÍ DOKUMENTACE	30
4.4	ČINNOST TDI	31
<b>5</b>	<b>SUPERVIZE</b>	<b>32</b>





5.1	OBECEŇ	32
5.1.1	<i>Definice supervize</i>	32
5.1.1.1	Role trenéra	32
5.1.1.2	Role mentora	33
5.1.1.3	Role zástupce organizace	33
5.1.1.4	Role zástupce zaměstnance	33
5.1.2	<i>Nejdůležitější teze supervize</i>	34
5.1.3	<i>Průběh</i>	34
5.1.3.1	Technická část	34
5.1.3.2	Obsahová část	34
5.2	SUPERVIZE PODZEMNÍCH STAVEB	35
5.2.1	<i>Supervizor „na místě“</i>	35
5.2.2	<i>Definice supervizora dle smluvních podmínek FIDIC</i>	35
5.2.2.1	Role supervizora	36
5.2.3	<i>Supervize a stavební zákon</i>	37
<b>6</b>	<b>POPIS VYBRANÝCH LOKALIT</b>	<b>38</b>
6.1	ČESKÁ REPUBLIKA	38
6.1.1	<i>Základní informace</i>	38
6.1.1.1	Geologický vývoj a morfologie území	39
6.1.1.2	Klimatické podmínky	39
6.1.1.3	Ekonomická a politická situace	40
6.1.2	<i>Tunel Lochkov</i>	41
6.1.2.1	Popis a účel stavby	41
6.1.2.2	Použité technologie NRTM	44
6.1.2.3	Supervize/dozor na stavbě	44
6.1.2.4	Geotechnický monitoring	45
6.2	ČÍNSKÁ LIDOVÁ REPUBLIKA	47
6.2.1	<i>Základní informace</i>	47
6.2.1.1	Geologický vývoj a morfologie území	48
6.2.1.2	Klimatické podmínky	49
6.2.1.3	Ekonomická a politická situace	49
6.2.2	<i>Tunely na projektu Chengdu-Chongqing Railway PDL</i>	51
6.2.2.1	Chongqing	51
6.2.2.2	Popis a účel stavby	52



6.2.2.3	Použité technologie .....	54
6.2.2.4	Supervize na stavbě .....	55
<b>6.3</b>	<b>INDICKÁ REPUBLIKA.....</b>	<b>59</b>
6.3.1	<i>Základní informace .....</i>	<i>59</i>
6.3.1.1	Geologický vývoj a morfologie území .....	59
6.3.1.2	Klimatické podmínky.....	60
6.3.1.3	Ekonomická a politická situace.....	60
6.3.2	<i>Tunel Rohtang .....</i>	<i>62</i>
6.3.2.1	Průsmyk Rohtang .....	63
6.3.2.2	Popis a účel stavby.....	63
6.3.2.3	Použité technologie .....	65
6.3.2.4	Supervize na stavbě .....	68
<b>7</b>	<b>SROVNÁNÍ VYBRANÝCH STAVEB Z POHLEDU SUPERVIZE.....</b>	<b>70</b>
7.1	POROVNÁNÍ ČR S ČÍNOU .....	70
7.1.1	<i>Geologické podmínky.....</i>	<i>71</i>
7.1.2	<i>Klimatické podmínky a ekonomická situace .....</i>	<i>71</i>
7.1.3	<i>Stavební podmínky.....</i>	<i>71</i>
7.1.4	<i>Pracovní morálka.....</i>	<i>71</i>
7.1.5	<i>Bezpečnost na stavbě .....</i>	<i>72</i>
7.1.6	<i>Supervize.....</i>	<i>73</i>
7.2	POROVNÁNÍ ČR S INDIÍ .....	74
7.2.1	<i>Geologické podmínky.....</i>	<i>75</i>
7.2.2	<i>Klimatické podmínky.....</i>	<i>75</i>
7.2.3	<i>Ekonomická situace.....</i>	<i>76</i>
7.2.4	<i>Stavební podmínky.....</i>	<i>76</i>
7.2.5	<i>Pracovní morálka.....</i>	<i>77</i>
7.2.6	<i>Bezpečnost na stavbě .....</i>	<i>77</i>
7.2.7	<i>Supervize.....</i>	<i>78</i>
7.2.8	<i>Společenské uspořádání .....</i>	<i>79</i>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>80</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ .....</b>	<b>82</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM TABULEK OBSAŽENÝCH V TEXTU .....</b>	<b>86</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ OBSAŽENÝCH V TEXTU .....</b>	<b>87</b>



## 1 ÚVOD

Podzemní stavby a konkrétně tunely jsou důležitou součástí dopravní infrastruktury nejen ve světě, ale také v České Republice. Usnadňují přístup přes nezdolatelnou krajinu a ve většině případech ušetří mnoho času, jelikož zkrácení trasy bývá kolikrát značné. Od druhé poloviny 90. let minulého století je v ČR výstavba tunelů opět na vzestupu. S tím souvisí růst odbornosti a množství získaných zkušeností českých tunelových expertů, kteří mají i díky stagnaci infrastrukturních staveb po roce 2010 možnost nabývat nové dovednosti na světových projektech.

Téma „Supervize tunelových staveb v ČR a v zahraničí“ bylo zvoleno díky možnosti jeden ze zkoumaných projektů osobně navštívit a přímo se setkat s několika odborníky, kteří se na něm podílejí. Jde o neopakovatelnou zkušenost i z hlediska někoho, kdo se tímto oborem přímo hluboce nezabývá.

Pozice supervizora se stává čím dál tím více využívaným a nepostradatelným subjektem na stavbách v České republice i v zahraničí. Supervizor je nezávislý dozor investora, který kontroluje průběh výstavby a dohlíží na správné provedení a kvalitu stavby.

Důvodem výběru 3 staveb, které jsou předmětem této práce, bylo především osobní setkání s odborníky, kteří byli součástí nasazených pracovních týmů. Hodnotu této práce zvyšuje i skutečnost, že zvolené projekty jsou lokalizovány ve velice rozdílných podmínkách v různých částech Eurasie, a to v České republice, Číně a v Indii.

### 1.1 Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce je seznámit čtenáře s prací supervizora na stavbě nejen v České republice, ale i v zahraničí, konkrétně v Číně a Indii. Teoretická část je zaměřena na tematiku tunelových staveb, tunelovací metodu NRTM a posléze na vymezení pojmu supervize. Další oddíl se věnuje popisu vybraných lokalit a konkrétních staveb, na kterých je demonstrováno, jaká je ve výše uvedených zemích ve zkoumaném oboru situace a jak rozdílný je v dané zemi přístup k realizaci projektu.



Největší přínos je spatřován právě v porovnání přístupu k vybraným stavbám a dozorování v ČR a v zahraničí. Konkrétně se tato diplomová práce bude zabývat činností stavebního dozoru na 3 zvolených stavbách a vším co tunelářská praxe obnáší v daných zemích.

V závěru práce budou tyto poznatky shrnuty a vyhodnoceny vzhledem k podmínkám těchto zemí a zároveň bude zodpovězeno na otázku, zda je role supervizora při výstavbě tunelových staveb potřebná na stavbách v zahraničí i v České republice.

## **1.2 Použité metody řešení diplomové práce**

Pro diplomovou práci byla využita zejména metoda analýzy dostupné literatury, z které byly čerpány především odborné informace a rozhovory s odborníky, kteří se přímo podíleli na výstavbě popisovaných staveb. Objevila se příležitost uskutečnit rozhovor s vedoucím pracovníkem týmu (projektový manažer) supervize na stavbě v Číně i v Indii Ing. Radkem Bernardem, Ph.D. a několika dalšími inženýry, jako např. na indickém projektu s tunelovým manažerem supervize Ing. Janem Korejčíkem, dále současným smluvním manažerem zhotovitele na projektu Ing. Peterem Woegerbauerem ze sdružení SAJV a ekonomickou a personální asistentkou projektového manažera ze společnosti STRABAG Ing. Timeou Druszou. Díky jejich postřehům a zkušenostem se naskytla možnost nahlédnout do problematiky tunelování a přístupu zkoumaných zemí k projektům. Získané informace byly použity při sepisování této práce.



## 2 PODZEMNÍ STAVBY OD MINULOSTI K SOUČASNOSTI

V této kapitole jsou shrnuty počátky výstavby podzemních staveb, které sloužily lidem od nejstarších dob. Od ručního zmáhání horninového masivu až do století, kdy beztrhavinové práce byly nahrazeny strojními mechanismy.

Vytváření prvních umělých podzemních prostorů se datuje už od raného starověku a je spojené především s důlní činností – těžbou rud. Ušlechtilé kovy se hornicky dobývaly ve Španělsku už v 21. století před n.l. a na území Rakouska v 18. století před n.l. Jen o něco mladší jsou rozsáhlé podzemní hroby egyptských faraónů z tzv. Nové říše (1500 až 1100 před n.l.), vyražené v Údolí králů u Luxoru. Ze starověku známe mnoho vodohospodářských štol, sloužících především pro zásobování měst vodou, ale i pro zavlažování a odvodňování. Takové stavby realizovali Židé, Asyřané a Řekové, ale hlavně Římané na celém území obrovské říše. Nejdelší starověkou podzemní stavbou byla 33 km dlouhá štola pro vodovod do Kartága, hlavního města římské provincie Afrika. Byla vybudována v letech 125 a 205 n.l. [1].

Než byla vynalezena trhavina, tak se veškeré práce spojené s rozpojováním horniny prováděly ručně. Výrazně se přitom lišily problémy při ražení štol a tunelů v zeminách a skalních horninách. Při ražbě podzemních prostor v zeminách bylo hlavní činností zabezpečit stabilitu výrubu, ale u skalních hornin bylo naopak velkým problémem právě rozpojování. To se provádělo také například ohněm a to tak, že se po rozžhnutí hornina polévala vodou, poté praskala a nechala se snadněji odlamovat. Metoda se u nás nazývá jako „sázení ohně“. Tento proces se využíval až do první třetiny 17. století, kdy byl postupně nahrazen modernějšími způsoby z důvodu neustálé potřeby zrychlení výstavby podzemních děl [2].

Velmi důležitým milníkem pro ražbu důlních děl k rozpojování skalních hornin byl vynález trhaviny. První případ jejího použití byl zaznamenán na Slovensku v roce 1627 a jednalo se o tzv. černý trhací prach, který byl použit také ještě v letech 1857-1871 při ražbě prvního dlouhého železničního tunelu v Mt. Cenis v Alpách [3]. Bohužel účinnost tohoto černého prachu nebyla příliš vysoká, což vedlo k dalšímu vývoji v oblasti trhavin. V roce 1863 byl Alfredem Nobelem objeven nitroglycerin. O pár let později a to roku 1867 byla patentována jeho podoba plastické trhaviny, taktéž nazývané jako dynamit. Tato výbušnina byla poprvé použita při proražení železničního tunelu Sv. Gottharda v Alpách. Použití prvního razicího stroje (beztrhavinové ražení) je spojeno s rokem 1870, kde se stroj použil v kamenolomu na křídě ve Velké Británii.



Výstavba tunelů klasickými metodami spočívala v ražení tunelového průřezu po částech, s minimální mechanizací a velkým počtem tunelářů, a trvala až do 60. let 20. století, kdy postupně začala odeznívat. Byly to např. metody rakouská, belgická (podchycovací), jádrová (německá) atd.

Při přesunu z dávné historie a počátků tunelových staveb lze konstatovat, že největšího rozmachu v podzemním stavitelství ve výstavbě tunelů ve světě došlo po 2. světové válce. V 50. letech 20. století započala výstavba dopravních magistrál a infrastruktur ve velkém, což bylo dáno hospodářským rozmachem poválečné doby. Souvisela s tím snaha o zdokonalení tehdejšího způsobu tunelování, především dosažení větších rychlostí ražby a menších nákladů. Klasické metody byly založeny na zkušenostech stavitelů, zatímco metody moderního tunelování byly pomalu podporovány vědeckým zkoumáním. Začalo se mluvit o funkci samonosnosti horninového materiálu a spolupůsobení okolního horninového masivu při instalaci tunelového ostění (primární ostění tunelů) [2]. Mohutné výdřevy byly nahrazovány lehčími prvky vystrojení (stříkaný beton, ocelové oblouky, kotvy apod.), ruční práce byla postupně nahrazována strojními mechanismy pro samotné ražení a použití razících strojů při beztrhavinovém způsobu ražení se zdokonalovalo [4].

Výsledky výzkumů v mechanice hornin, zejména v oblasti pevnostních a deformačních vlastností horninových masivů a jejich stabilitních projevů v čase, umožnily zavést do cyklických (konvenčních) postupů výstavby tunelů progresivní prstencové systémy ražení. [5] Jako první šlo o univerzální prstencovou metodu s kruhovým tybinkovým ostěním (60. léta 20. století) a později tzv. Novou Rakouskou Tunelovací Metodu (dále NRTM), která se stala téměř převládající technologií výstavby tunelů ve světě i v ČR v 90. letech 20. století. Použití NRTM při konvenčním ražení prakticky převládá až do současnosti.

Výzkum v oblasti technologií rozpojování hornin vedl v průběhu 60. a 70. let minulého století k nasazení výkonných vrtacích zařízení a k řadě významných poznatků v trhací technice, umožňujících zavedení milisekundových odstřelů, bezzáломového způsobu ražby, řízených výlomů (hladký výlom, presplitting) a nových typů trhavin (trhaviny s fyzikální senzibilizací) do konvenčního tunelování. To umožnilo zkvalitnění a zvýšení přesnosti trhacích prací za současného snížení seismických účinků na povrchovou zástavbu.



V poloskalních horninách a v zeminách došlo na začátku 70. let téhož století ke značnému rozšíření použití nemechanizovaného štítování, a to jak u menších profilů (kanalizační stoky a jiné komunální štoly), tak zejména u traťových tunelů metra. Rychlý rozvoj strojírenských technologií umožnil, prakticky ve stejném čase, zavést a v průběhu dalších 30 let velmi zdokonalit plynulou ražbu mechanizovanými tunelovacími stroji [5].

Při moderních metodách se tunel razí plným průřezem, pokud je to možné z hlediska geotechnických podmínek ražby a z hlediska dostupné mechanizace zhotovitele. Nejčastěji se ovšem tunely při použití NRTM razí členěným profilem na klenbovou a opěrnou část (kalota, opěří), případně spodní klenbu. Tunely se razí zpravidla od jednoho nebo dvou portálů. V případě geografických možností oblasti se při realizaci velmi dlouhých tunelů metodou NRTM otevírají čelby taktéž z přístupových bočních tunelů či šachet za účelem zajištění více ražených čelb neboli razících pracovišť v tunelu. Vysokých výkonů je v současnosti dosaženo maximální mechanizací práce s malým počtem pracovníků. Moderní tunelovací metody (NRTM, MOV, TBM, Drill & Blast, ADECO-RS, apod.) umožňují při práci na prostorné čelbě lepší nasazení mechanizace. Více lafetová vrtná hydraulická kladiva, provádějící vrty jak pro osazení náloží, tak i pro vrtání svorníků a kotev jsou umístěna na hydraulicky naklápěcích výložnicích samohybných vrtacích vozů. Rubanina je nakládána výkonnými nakladači na velkokapacitní kolové nákladní automobily s výklopnými korbami nebo dumpery. Beztrhavinové cyklické ražení tunelů probíhá za pomoci hydraulických rypadel, bouracích kladiv, výložnicových fréz, obvodových pil. Ještě komplexnější je mechanizované beztrhavinové ražení tunelů pomocí TBM – z anglického jazyka Tunnel Boring Machine (tunelové razicí stroje) [6].

Je třeba říci, že při volbě optimální metody výstavby není důležitý hlavně účel, kterému bude konkrétní tunelová stavba sloužit. Zřetel by se měl především brát na požadovaný tvar a velikost průřezu výrubu, geologické, hydrogeologické a topografické podmínky v trase či místě, dále výška nadloží, situace na povrchu a u liniových staveb též jejich délka a případné požadavky na změny průřezu v trase. V současné době se stále častěji ve velké míře uplatňují přísné požadavky ochrany přírody a životního prostředí.

## 3 PODZEMNÍ STAVBY – TUNEL

### 3.1 Definice podzemní stavby

Podzemní stavba = stavební objekt převážně obklopený ze všech stran zemním nebo horninovým prostředím. Jeho užitkový prostor je trvale umístěn většinou svého objemu pod úrovní původního nebo upraveného terénu.

Stoky a inženýrské sítě realizované hloubením nejsou za podzemní stavbu považovány.

### 3.2 Definice tunelu

**Tunel** = liniová dopravní stavba, která vede pod terénním převýšením v trase, případně pod vodním tokem a prochází jím dopravní komunikace, která umožňuje plynulou a bezpečnou jízdu dopravního prostředku. [7]



Obr. 1 – Tunel Lochkov; zdroj: vlastní

Tunely se dělí podle způsobu výstavby (ražené, hloubené, zvláštní způsob výstavby), podle druhu provozu (jednosměrné, obousměrné) a podle délky (krátké, střední, dlouhé).





### 3.3 Metody výstavby tunelů

Používané metody ražeb lze obecně rozdělit na:

1. Konvenční metody ražení s dočasnou výstrojí (primárním ostěním):
  - ražení podle zásad Nové rakouské tunelovací metody (NRTM),
  - metoda obvodového vrubu (Perforex – MOV),
  - metoda Lunardi (ADECO – RS).
2. Kontinuální metody ražení s mechanickým (beztrhavinovým) rozpojováním horniny:
  - ražení plnoprofilovými razíci stroji (TBM – Tunnel Boring Machines),
  - ražení s použitím tunelovacích štítů,
  - prstencová metoda výstavby,
  - mikrotunelování.

Aby bylo možné zvolit optimální způsob ražení liniových staveb a co nejlépe využívat spolupůsobení horninového prostředí s konstrukcí ostění tunelu, musí v přípravné fázi výstavby takovéto náročné stavby předcházet kvalitní geotechnický průzkum (GTP) [8]. GTP určuje také požadavky na kontrolní sledování při výstavbě, což je nazýváno jako geotechnický monitoring. Výstupy z geotechnického průzkumu jsou posléze podkladem pro přípravu stavby (tedy investorskou organizaci) na vypracování zadávacích podmínek pro zhotovitele stavby. Nedílnou součástí náročné podzemní nebo tunelové stavby je jak funkce supervizora, tak i nezávislé smluvní zajištění pro kontrolní sledování, jak již bylo zmíněno výše pro geotechnický monitoring. Investor si najímá zkušené projektanty z podzemního stavitelství, aby zpracovali dokumentaci pro budoucího zhotovitele stavby, supervizi i zhotovitele geotechnického monitoringu.

Vývoj technologií tunelovacích metod a jejich praktické užití přináší nesmírně důležité poznatky a rozšiřují obzor jak v oblasti projektování, tak v oblasti realizace [4].

V následujících kapitolách je popsán výběr nejpoužívanějších metod výstavby tunelů, kde se využívají a z jakých důvodů. Jaké jsou podmínky těchto metod a stavby, na kterých byly aplikovány.



### 3.3.1 Prstencová metoda<sup>1</sup> a nemechanizované štítování<sup>2</sup>

Obě tyto metody jsou těsně spjaty s výstavbou pražského metra v letech 1966 - 1990, která byla realizována v souladu s dohodou mezi vládami tehdejší ČSSR a SSSR o spolupráci a technické pomoci při výstavbě podzemních tras MHD v Praze. Politické změny v „porevolučních“ 90. letech vyvolaly i změny v technické sféře a obě technologie v dalších letech při výstavbě metra ani u jiných tunelů větších průměrů již nenalezly další uplatnění [5]. V 70. a 80. letech byly tyto technologie ražby v našich podmínkách velmi výkonné. Zejména prstencová metoda si vysloužila přídomek „pražská“ prstencová metoda [9].

Nemechanizované štítování bylo úspěšně použito na mnoha úsecích všech stávajících linek pražského metra. První tunel na pražském metru byl proražen na trase C na Pankráci 30. 9. 1969. Výkony u obou těchto metod byly prakticky srovnatelné.

Poslední významnou stavbou, kde byly nasazeny jak prstencová metoda, tak metoda nemechanizovaného štítování speciálně vyrobeným pološtítem byl dvoukilometrový Strahovský tunel, který byl dokončen po dlouhých 10 letech výstavby v prosinci roku 1997 [5].

### 3.3.2 Plnoprofilové tunelovací stroje (TBM – Tunnel Boring Machines)

Plnoprofilovými tunelovacími stroji se nazývají výkonné mechanismy, kterými je možno provádět kontinuálně rozpojování horniny v celé čelbě tunelu bez použití trhacích prací a současně téměř plynule budovat tunelové ostění. U většiny horninových masivů se realizuje neprodleně za razícím strojem definitivní ostění, tvořené v současnosti převážně prefabrikovanými železobetonovými tybinky (dílcí), skládanými do jednotlivých prstenců ostění [10]. Ve velmi pevných skalních horninách se používají otevřené tunelovací stroje opatřené radiálními přítlačnými deskami (gripy), které stabilizují stroj a poskytují oporu pro přítlak stroje do čelby prostřednictvím axiálních lisů. Pokud je nutno, výrub se zajišťuje

---

<sup>1</sup> Ražení plným profilem destruktivním či nedestruktivním způsobem na délku prstence definitivního ostění či délku rámu provizorního ostění.

<sup>2</sup> Nemají v čelbě žádný speciální rozpojovací orgán ani mechanizované (automatizované) nakládání rubaniny. Nemechanizovaný štít lze v hrubém přiblížení charakterizovat jako ocelový válec s břitem, který je silnými hydraulickými lisami protlačován horninou (zeminou) ve formě hnaného pažení.



svorníkovou vyztuží kombinovanou se stříkaným betonem bez nutnosti instalace železobetonových tybinků.

Z výše uvedeného vyplývá, že se jedná o zcela odlišnou metodu ražení tunelových staveb, která je obvykle rychlejší než jiné používané metody a její hlavní výhodou je, že za sebou zanechává již hotový tunel v definitivním ostění. Ale bohužel i tato metoda má svá úskalí. Stroj totiž nerazí sám, je potřeba, aby na něm byla obsluha, která zajišťuje jeho správnou funkci a výstavbu jednotlivých prstenců ostění. Také je tato výstavba ve vyspělejších zemích závislá na jejich ekonomice. Pořizovací náklady tunelovacího stroje jsou velmi vysoké, takže je zapotřebí provést důkladnou ekonomickou rozvahu a přijmout rozhodnutí o rentabilitě razicího stroje. V každé zemi je určitá délka tunelu, od které se vyplatí stroj použít. V ČR se jedná konkrétně o délku tunelu zhruba 2,5 km. Například v Japonsku je uvažována délka tunelu při použití razicích strojů TBM nejkratší, a to již od 500 m.

Ač je tato metoda ve světě asi nejrozšířenější, u nás moc velkého využití doposud nenašla. Asi nejznámější a v současné době nejpopulárnější stavbou, kde byla použita metoda razicích štítů, je úsek nového pokračování linky metra A z Dejvic do Motola. Zeminové štíty se jmény Adéla a Tonda, které byly použity pro tuto konkrétní stavbu jsme mohli zaznamenat i v médiích. Druhou významnou stavbou v současnosti, kde byl použit razicí stroj TBM v ČR jsou více jak čtyřkilometrové vysokorychlostní železniční tunely Ejpovice, kde jediný stroj TBM (razicí štít Viktorie) vyrazil do října 2017 dva tubusy o délce 4150 m.

Důvody, proč je tato metoda u nás málo využívána budou pravděpodobně z velké části ty ekonomické, vysoká počáteční investice dokáže být velmi demotivující. Proto se v našich poměrech, kde jde také o relativně krátké tunely, preferuje spíše Nová rakouská tunelová metoda.

### **3.3.2.1 TBM bez štítu**

Plnoprofilové tunelovací stroje do pevných netlačivých hornin, tzv. otevřené TBM, u nás často označované jako razicí stroje, jsou uspořádány tak, že v čele stroje je mohutná razicí hlava, která pokrývá celý ražený profil tunelu.

TBM stroje jsou vynikajícím mechanizačním prostředkem, který je schopný dosahovat při kontinuální ražbě v pevných skalních horninách denních výkonů v několika desítkách metrů, nasazení stroje je však ekonomické pouze u dlouhých tunelů.



Vyražený profil (používané stroje mají průměry 2 až 14 m) je velmi přesný a horninový masiv je i díky nenasazení trhacích prací minimálně narušený. Nevýhodou je požadavek stálosti geologických poměrů, obtížný přístup na čelbu při výměně rozpojovacích nástrojů a velká spotřeba elektrické energie [10].

### **3.3.2.2 TBM se štítem**

Pro ražbu v horninách střídavé kvality je razicí stroj doplněn ocelovým válcovým štítem s jednoduchým pláštěm v koncové části, pod jehož ochranou se výrub provedený razicí hlavou opatřuje montovaným ostěním z tybinků. Razicí hlava je vysunutá před štít a razí výrub, do něhož se celý stroj zasouvá. Dosažení vyšší plynulosti ražby je možné u razicích strojů TBM s tzv. dvojitým pláštěm [10].

### **3.3.3 Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM)**

Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM) pocházející, jak již napovídá název, od našich jižních sousedů, je jednou z nejvyužívanějších metod na světě i u nás. Je považována za hlavního představitele tzv. konvenčních razicích metod, kde nejsou použity razicí stroje či štíty.

#### **3.3.3.1 Definice NRTM**

NRTM je tunelovací metoda, která vědomě a cíleně využívá nosných vlastností horninového masivu s cílem optimalizovat proces ražení a zabezpečování výrubu a minimalizovat s tím spojené ekonomické náklady [11].

Hlavními konstrukčními prvky primárního ostění jsou stříkaný beton ve většině případech vyztužený ocelovými sítěmi či roztroušenými ocelovými drátky a kotevní systém. Velmi častou součástí tzv. primárního ostění (primární obezdívka tunelů) jsou i obloukové ocelové ramenáty, které slouží především k přesnému držení projektovaného profilu tunelu a také k psychologické výhodě tunelářů, jelikož tyto ramenáty jsou instalovány se sítěmi ihned po odtěžení nakypřené rubaniny po odpalu a představují prvotní ochranu tunelářů proti náhlému pádu horniny z přístropí.



Nedílnou součástí NRTM je geotechnický monitoring opírající se především o měření deformací tunelového výrubu. NRTM se tak z hlediska geotechnického řadí do skupiny observačních metod, u kterých je průběh výstavby průběžně sledován, a způsob ražby a zajištění výrubu primárním ostěním jsou upravovány neboli optimalizovány podle skutečného chování výrubu a horninového masivu [11].

### **3.3.3.2 Začátky NRTM**

Tento postup, v ČR v 90. letech zdánlivě nový a progresivní, byl v podzemním stavitelství aplikován již od zveřejnění zásad NRTM v 50. a 60. letech 20. století. Princip NRTM přímo vyžaduje, aby se v průběhu ražeb prováděly korekce původního návrhu vystrojení tunelu na základě prováděných souborů měření, zejména konvergencí primárního ostění. Obrovské množství úspěšných aplikací v cizině, a po roce 1990 i u nás, potvrzuje správnost geomechanického pojetí této adaptabilní tunelovací metody. Poprvé ve světě byla NRTM aplikována při výstavbě silničního tunelu Massenberga v rakouském Štýrsku, který byl dokončen v roce 1963 [5].

### **3.3.3.3 NRTM v ČR**

První aplikace NRTM v ČR byly použity při ražbě menších profilů, a to u pražských i brněnských kolektorů v 80. letech minulého století (Subterra), větší profil měl ražený přivaděč do nové čistírny odpadních vod v pražské Tróji na začátku 90. let (Vodní stavby). Z velkých tunelů pak následovaly přibližně ve stejném období silniční tunely Hřebeč (Metrostav) a Pisárecký (Subterra), které byly uvedeny do provozu na konci roku 1997, nejdelší mezistaniční úsek na trase IVB pražského metra Hloubětín–Rajská zahrada, uvedený do provozu v roce 1998 (Metrostav). Prvním železničním tunelem budovaným technologií NRTM byl tunel Vepřek u Kralup nad Vltavou, zprovozněný v roce 2002 (Metrostav) [5].

Do současné doby v ČR byla úspěšně dokončena pomocí metody NRTM řada významných dopravních tunelů – například nejdelší železniční tunel Březno (1758 m) a silniční tunely jako tunel Panenská (2168 m), tunel Prackovice, tunel Radejčín na dálnici D8, tunel Valík (D5) nebo tunely Mrázovka v intravilánu Prahy a také ražené tunely rozsáhlého tunelového komplexu Blanka. Velkým přínosem pražské silniční dopravy jsou také dlouhé tunely Lochkov a Cholupice v jižní části pražského silničního okruhu dokončené v roce 2010.

Zrychlení a zkvalitnění cestování po železnici přinesly v polovině první dekády 21. století tunely na rekonstruovaném třetím železničním koridoru mezi Prahou a Ostravou. Jsou to tunely Krasíkovský 1 a 2, tunel Malá Huba, tunely Hněvskovský 1 a 2. Železničnímu uzlu v centru Prahy zase výrazně napomohla dostavba Nového železničního spojení v roce 2008 (Severní a Jižní Vítkovský tunel). V posledních letech byly dokončeny metodou NRTM také tunely na 4. železničním koridoru směrem na Č. Budějovice (Votický, Zahradnický, Olbramovický a Tomický). Tento neúplný výčet dokončených tunelů metodou NRTM v České Republice dokazuje, jak významně tato metoda ovlivnila v posledních dvou dekadách výstavbu infrastrukturních staveb v Čechách a na Moravě.



Obr. 2 –Tunel Krasíkov; zdroj: vlastní



Obr. 3 –Tunel Valík; zdroj: vlastní

### 3.3.3.4 Principy organizační a smluvní

Aby bylo možné využít všech výhod NRTM, je nutné vytvořit specifické organizační a smluvní podmínky. Nejlepší výsledky v používání NRTM mají země, jejichž předpisy (zákony, normy, směrnice) upravující přípravu a provádění tunelových staveb jsou přizpůsobeny principům NRTM, nebo jsou přímo pro tuto metodu vytvořeny. K hlavním předpokladům správného použití NRTM patří smluvní vztahy, které umožňují provádět, oceňovat a odměňovat operativní změny během ražby vyvolané snahou po optimalizaci provádění. Kvantitativní rozsah této optimalizace je možné určit až během provádění na základě sledování chování tunelu během ražby. Důležité je, aby ve smlouvách bylo jednoznačné rozdělení odpovědností a rizik mezi zúčastněné subjekty (investor, dodavatel, projektant), odpovídající rozdělení kompetencí a pravomocí a také snaha o konsenzuální rozhodování o technických a následně ekonomických otázkách [11].



Klasická organizační struktura na stavbách tunelů metodou NRTM není rozdílná od jiných staveb, jiné jsou pouze úkoly jednotlivých subjektů a zejména požadavky na jejich spolupráci při aplikaci observační metody.

Standardní organizační uspořádání musí respektovat následující zásady a role jednotlivých účastníků stavby:

- projektant se aktivně účastní stavby, potvrzuje platnost předpokladů projektu a v případě, že je zjištěn významný rozdíl mezi předpokládanými podmínkami, za kterých byl projekt zpracován, a skutečnými podmínkami, tak operativně projekt upravuje,
- dodavatel geotechnického monitoringu získává, zpracovává a vyhodnocuje informace o vlastnostech a chování horninového masivu a výrubu a předává je okamžitě ostatním účastníkům výstavby; navrhuje zařazení do geotechnických a technologických tříd,
- stavební dozor sleduje shodu mezi projektem a skutečným provedením, kontroluje kvalitu provádění a fakturační náležitosti stavby, vyhodnocuje informace z provádění ražby a geotechnického monitoringu a potvrzuje zařazení a úpravy postupu ražby,
- dodavatel provádí ražbu a stavbu podle realizační dokumentace, rovněž posuzuje a vyhodnocuje informace geomonitoringu a spolupodílí se na rozhodování o postupu ražby,
- před každým novým záběrem se dohodnou zástupci investora (např. stavební dozor) a dodavatelé o způsobu dalšího postupu výstavby [11].

### 3.4 Firmy v ČR a technologie

I přesto, že je Česká republika poměrně malý stát, se dlouhodobě řadí mezi státy s vyspělou úrovní oboru podzemního stavitelství. Nejde ani tak o rozsah staveb, jako spíše o pestrý a rozvinutý fond podzemních staveb různého účelu využití a typu konstrukce. S tím úzce souvisí kvalita vybavenosti a zkušeností firem působících na českém trhu.

Co se týče technologií, lze demonstrovat úroveň stavebních firem v ČR na třech významných společnostech, které se zabývají podzemními stavbami nejen na tuzemském ale i zahraničním trhu.



Největší stavební firmou v ČR je **Metrostav a.s.**, která zároveň patří mezi největší stavební společnosti v Evropě. Jde o technicky vyspělou společnost, která rozvíjí vlastní kapacity vnitropodnikových nosných technologií a usiluje o trvalé zlepšování schopností v oblasti stavební výroby. Prvotní specializací Metrostavu je podzemní stavitelství.

Tato společnost realizuje ražby tunelů nejvíce pomocí metody NRTM. Dlouhé tunely středně velkých profilů jako první česká společnost provádí pomocí plnoprofilových razících strojů (TBM). Jedná se o nové tunely na trase metra linky A z Dejvic do Motola a v roce 2017 doražený železniční tunel Ejovice. Disponuje komplexními sestavami strojních zařízení, umožňujících mechanicky vyvrtat do horninového masivu kruhový průřez požadované velikosti a zajistit ho proti zavalení. Dále Metrostav používá metodu Drill & Blast<sup>3</sup> („navrtej a odstřel“), která vychází z norské tunelovací metody.

Z hlediska technologií je Metrostav na úrovni světových společností, což je pro Českou republiku velkým přínosem a umožňuje to velice kvalitní provedení práce na českých podzemních stavbách. Mezi referenční stavby této společnosti patří např. dálniční tunel Valík (D5), Libouchec a Prackovice (D8) z roku 2006, dále tunel Radejčín z roku 2016 (všechny NRTM), tunelový komplex Blanka z roku 2015 (NRTM) a prodloužení trasy metra A z roku 2014 (TBM+NRTM). Dále se jedná o železniční tunel Vepřek (NRTM), či železniční tunel Březno (Perforex – metoda obvodového vrubu).

Druhou v pořadí je další významná česká firma **Subterra a.s.** (transformovala se z podniku VDUP – Výstavba Dolů Uranového Průmyslu). Tato společnost má stejně jako Metrostav, a.s. bohatou historii a rovněž nezastupitelné místo na našem trhu, co se týče nejen dopravních a podzemních staveb. Jde o multioborovou stavební společnost, která je v současnosti již součástí koncernu Skupina Metrostav. To znamená, že Subterra má nyní podobné podmínky jako Metrostav, co se týče možností použití technologií.

---

<sup>3</sup> Ražby prováděné tímto způsobem jsou velmi efektivní, a to nejenom vzhledem k jejich rychlosti, ale také z pohledu relativně nízkých nákladů pro investora. Tuto metodu lze ovšem využít pouze v soudržných skalních horninách. [12]





Nejvyžívanější metodou této společnosti je dle všech dostupných informací metoda NRTM, díky které bylo zhotoveno několik významných podzemních děl nejen u nás, ale i v zahraničí (např. železniční tunely Krasíkov 1 a 2, Malá Huba, či Vítkovské železniční tunely v Praze, Královopolské silniční tunely v Brně apod.).

V současné době je ve výstavbě několik podzemních děl řízených touto společností, a to kolektor pod Hlávkovým mostem (NRTM), který by měl být dokončen v polovině roku 2018, tunel Herrschaftsbusck ve spolupráci s rakouskou společností BeMo, který by měl být dokončen v roce 2019 a tunel Milochovo na Slovensku, kde je dokončení plánováno na rok 2020.

Poslední firmou v přehledu významných stavebních společností se za měření na podzemní stavitelství je **HOCHTIEF CZ a.s.**, která patří ke špičkám ve svém oboru. Tato česká společnost spadá pod významnou nadnárodní společnost HOCHTIEF. Divize dopravní stavby, kde se mimo jiné zaměřují také na podzemní stavby disponuje týmem zkušených techniků a má potřebné výrobní kapacity. Divize může využít vlastní odborné a projekční skupiny nadnárodního koncernu k optimalizaci projektů dle aktuálních technologických poznatků. Díky zapojení do koncernu HOCHTIEF, česká divize získává možnost využití nejmodernějšího technického vybavení. Podzemní stavby provádí klasickou sekvenční metodou, ale také ražbou pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů, což ji posunuje také nad národní úroveň. Mezi poslední tunelové stavby provedené touto společností patří především dokončení Lochkovského tunelu na pražském silničním okruhu a významný podíl na ražbách NRTM v rámci prodloužení trasy A metra z Dejvic do Motola.

### 3.4.1 Vývoz českých kapacit do zahraničí

České podzemní stavitelství je na vysoké úrovni a firmy v České republice mohou konkurovat těm zahraničním. To vše dokazuje několik následujících zakázek, které byly výše uvedenými společnostmi vysoutěženy v zahraničí. Konkrétně se jedná o země jako je Island, Norsko, Finsko, Švédsko (Metrostav a.s.), ale čeští tuneláři také působí třeba na Slovensku a Srbsku (Subterra a.s.). Jde hlavně o severské státy, kde je podzemní stavitelství velmi vyspělé a jejich poptávka poukazuje na vysokou úroveň znalostí našich tunelářských kapacit.



### **3.4.1.1 Island – tunel Norðfjörður**

Společnost Metrostav zvítězila spolu s firmou Háffel v mezinárodním tendru na výstavbu dvou tunelů mezi osadami Siglu a Ólafs na severním pobřeží. Ražby **tunelu Norðfjörður** byly zahájeny v listopadu 2013 a dokončeny byly v září 2015. Od té doby je nejdelším islandským silničním tunelem s celkovou délkou přesahující 7,5 km. Tunel byl ražen metodou Drill&Blast. Během této stavby byl velký důraz kladen na podrobný geotechnický monitoring, a to z velké části proto, že podmínky na tomto území jsou náročné a ražby mnohdy vedou horninami velmi odlišné kvality, tzv. mixed face. Časté jsou také průsaky podzemních vod a ražby skrze poruchové zóny a čedičové žíly [12]. Tunel byl otevřen v listopadu 2017.

### **3.4.1.2 Norsko – tunel Veitastrond a tunel Joberg**

První tunelářskou zakázku v Norsku získal Metrostav v roce 2014 a to 1,5 km dlouhý **tunel Veitastrond**, který má zlepšit dopravní situaci mezi městy Hafslø a Veitastrond, které bývalo pravidelně odříznuto sesuvy sněhových lavin od okolního světa. Ražba tunelu probíhala metodou Drill & Blast od srpna 2014 do listopadu 2015 se šestiměsíční plánovanou zimní přestávkou. Tento projekt byl pro veřejnost otevřen v prosinci 2016 [13].

Jako svůj druhý tunelový projekt na tomto území zahájil Metrostav v roce 2015 výstavbu **tunelu Joberg**. Celková délka ražeb byla 2,04 km. Jde o součást optimalizace silnice Rv.13 pod vrchem Joberget. Metrostav na tomto díle spolupracoval s firmou Bertelsen&Garpestad. Jde o unikátní stavbu, kde je část (1950 m) ražena metodou Drill&Blast a jelikož část tunelu prochází morénou, na zbývajících části (90 m) byla použita tunelovací metoda NRTM. Stavba byla slavnostně otevřena v červnu 2017 [14].



### 3.4.1.3 Finsko

Další tunelovou stavbou a celkem desátým projektem v severských zemích firmy Metrostav je **Projekt Länsimetro – Západní metro**, dopravní spojení, které má spojit města Helsinky a Espoo. Na projektu je nasazena čtyřicítka českých a slovenských razičů. Nová trasa bude měřit 21 km, jedná se o prodloužení stávající páteřní linky metra dlouhé 21 km.

Prodloužení metra je v celé délce vedeno pod povrchem dvojicí jednokolejných traťových tunelů, které propojí 7 nových stanic. Metrostav spolupracuje na výstavbě jako dodavatel ražeb a partner ve sdružení s finskou společností Destia, která provádí zajištění staveniště, ražby větracích šachet a odvoz rubaniny [15]. Jak se dá očekávat vzhledem k tomu, že jde o severský stát, i zde je použita metoda Drill&Blast. Finové tunelům i stanicím dávají téměř jeskynní ráz s hrubým povrchem – skálou a minimální vrstvou stříkaného betonu. To znamená, že v severských zemích jde především o účel. Metro by mělo města Helsinky a Espoo propojit již v roce 2017 a v plné délce by mělo být otevřeno v roce 2020 [16].



## 4 ZADÁVÁNÍ PODZEMNÍCH STAVEB

Jedná o jeden z nejdůležitějších procesů v rámci výstavby staveb jako takových. Je totiž velmi důležité, jak je příprava především komplexní tunelové stavby pojata investorem a projektantem. Je jisté, že již na preciznosti přípravy takové stavby se velmi významně odráží případný úspěch či neúspěch stavby v době realizace.

### 4.1 Specifika ZD pro výběr dodavatele (NRTM)

Zadávání v oblasti podzemních staveb se vyznačuje vyšší mírou rizika, které vychází z nejistoty vstupních parametrů. Před započítáním výstavby musí být určeny vstupní podmínky a již samotné horninové prostředí představuje prvotní nejistotu. Zjednodušeně řečeno, u metody NRTM toto prostředí udává způsob výstavby podzemního díla, protože spolupůsobí s nosnou konstrukcí. Z tohoto důvodu je během výstavby nutné provádět tzv. geotechnický monitoring (GM), který slouží k získávání informací o chování okolního prostředí a samotné konstrukce stavby. Díky výsledkům GM je možné v případě potřeby pružně přizpůsobit pracovní postup změněným geologickým podmínkám v trase ražby [11].

Dá se říci, že celý proces přípravy a výstavby je založen na ověřování předchozích kroků na základě získaných informací během výstavby. Tento postup by měl teoreticky vést k optimálnímu výsledku jak z hlediska technického, a bezpečnostního, tak i z ekonomického, ale zároveň komplikuje zadávací dokumentaci a samotný kontrakt. Je velmi důležité, aby zadávací dokumentace byla zpracována kvalitně a precizně, což klade velké nároky na investora či na organizaci jím pověřenou.

#### 4.1.1 Technologické třídy výrubu

Horninový masiv v raženém úseku tunelu je po jeho celé délce rozdělen do kvazihomogenních celků. Ražba a způsob zajištění výrubu je pro každý kvazihomogenní celek popsán technologickou třídou výrubu (TTV). TTV má zásadní význam pro stanovení ceny. Na základě podrobného geotechnického průzkumu je provedena prognóza očekávaného zastoupení jednotlivých TTV. Odhad celkové ceny tunelu je pak závislý na přesnosti této prognózy [11]. Zadávací dokumentace musí obsahovat definici jednotlivých TTV a předpověď jejich očekávaného zastoupení.



Dále je důležité, aby zadávací dokumentace obsahovala předpověď chování horninového prostředí v průběhu výstavby. To je pak v průběhu ražeb kontrolováno a upřesňováno pomocí geotechnického monitoringu. Během výstavby náročné podzemní konstrukce se tedy musí v předstihu počítat i s nejhorší možnou variantou, proto je třeba predikovat a posléze i projektantem určit maximální možné deformace budované konstrukce.

#### **4.1.2 Výkaz výměr**

Výkaz výměr (VV) je zásadní součástí zadávací dokumentace. Pro stanovení VV slouží jako podklad výkresová část, ze které je možné stanovit teoretické rozměry stavby. Je proto třeba si podrobně prostudovat projektovou dokumentaci. VV slouží posléze, v průběhu výstavby, jako podklad k fakturaci provedených prací. Pro ražená podzemní díla je nutno pečlivě ošetřit odchylky, které mohou nastat vůči teoretickým rozměrům.

Tyto odchylky mohou mít tři základní příčiny:

- horninový masiv vykazuje jiné deformace, než předpokládá projekt,
- strukturální chování horninového prostředí způsobuje tvorbu geologicky podmíněných nadvýrubů,
- technologie provádění neumožňuje ražbu v ideálních obrysech a teoretické rozměry musí být zvětšeny o tzv. technologický nadvýrub.

Zadávací dokumentace musí stanovit jasná pravidla k ocenění těchto odchylek a nejasností. Jednoznačnost pravidel slouží k srovnatelnému přístupu všech uchazečů o zakázku a možnosti porovnání jednotlivých nabídek. Zadávací dokumentace by měla stanovit tzv. smluvní linie, které definují vedle teoretických rozměrů i hranice technologického nadvýrubu a další odchylky [11]. Na tomto místě je také třeba alespoň stručně zmínit, že v průběhu tvorby zadávací dokumentace musí být investorem, resp. projektantem jasně nastaveno rozdělení sdílení rizik mezi investorem a dodavatelem s ohledem na nejistoty geotechnických podmínek zastižených při stavbě samotné (viz. Kapitola 4.2).

#### **4.1.3 Časová a věcná složka ceny**

Stejně jako u pozemních staveb je tomu tak podobně i u tunelů. Celková cena se skládá z fixních nákladů a variabilních nákladů, což musí být také zohledněno v zadávací dokumentaci.



## 4.2 Rizika při zadávání stavby

Každá chyba má své následky, a ne jinak je tomu i u zadávání podzemních staveb. Zde může mít i minimální chyba v zadávací dokumentaci fatální následky hlavně z hlediska ekonomického, případně to může mít dokonce i soudní dohru. Proto je potřeba včas a spravedlivě rozdělit rizika a případně stanovit podmínky pro sdílení těchto rizik. Z tohoto důvodu se provádí riziková analýza, která by měla být vypracována ve fázi přípravy. Ta by měla obsahovat, jak kvantitativní, tak i kvalitativní posouzení případných rizik.

Základní rizika, na která můžeme během výstavby podzemní stavby narazit, se dělí na rizika plynoucí z geologického prostředí a rizika, která lze označit jako technologická a je třeba zmínit i rizika smluvní z hlediska kontraktu jako takového [11]. Tato rizika je nadále potřeba rozdělit mezi investora a zhotovitele a v případě, že jsou rizika sdílena je nutné stanovit způsob sdílení.

Co se týče rizik plynoucích z geologických podmínek a jejich změn, z čehož vychází požadavky na kvalitu zadávací dokumentace, ty padají na hlavu investora. Technologická rizika pak nese zhotovitel. Obecně by mělo platit, že za přípravu zodpovídá investor a za provedení dodavatel.

## 4.3 Požadavky na rozsah a obsah zadávací dokumentace

Zadávací dokumentace může být zpracována v různém kvantitativním i kvalitativním rozsahu s ohledem na to, jak velkou míru ekonomického rizika je investor připraven převzít. Čím podrobněji je zadávací dokumentace založená na podrobném geologickém průzkumu, tím větší je eliminace budoucích rizik. Je však zřejmé, že tento vztah není zdaleka lineární. Pro observační metodu může být důležitější stanovení smluvních postupů pro budoucí ražbu tunelů než samotný maximální rozsah projektových specifikací [11].

Základní rozsah zadávací dokumentace pro výstavbu tunelů:

- požadavky a podmínky pro zpracování nabídky,
- smluvní, obchodní podmínky,
- projektová dokumentace, zadávací výkresy stavby,
- projektová specifikace, Technické kvalitativní podmínky,
- výkaz výměr.

## 4.4 Činnost TDI

Technický dozor investora je zástupcem investora stavby. Investor by si měl najmout služby odborné organizace, která je schopna zajistit profesionální provádění této činnosti po celou dobu výstavby v nepřetržitém pracovním provozu. Dodávka stavebního dozoru by měla být předmětem samostatné soutěže.

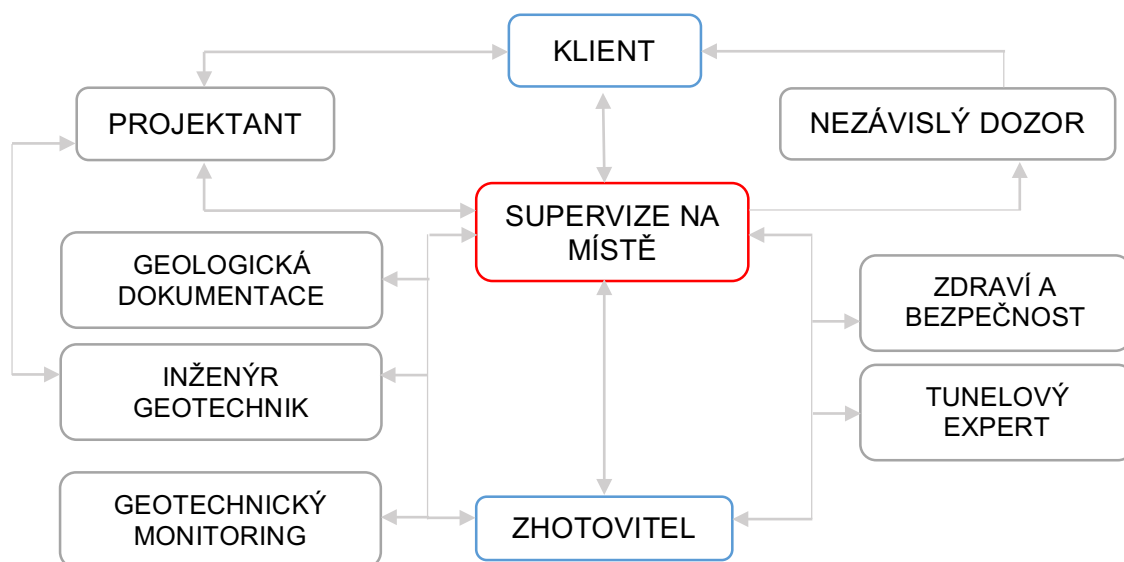
Přesný popis činností a náplň práce TDI nejsou nikde normativně stanoveny, stejně tak kvalifikační požadavky. Obvykle je výkonem technického dozoru investora pověřena osoba, která má odpovídající odborné vzdělání a dostatečnou praxi na stavbě.

Způsob, jakým je monitorovací činnost na stavbě prováděna, závisí na rozhodnutí objednatele a osoba vykonávající tuto činnost jím musí být vždy zmocněna. Ve smlouvě musí být stanoven vždy **obsah** požadovaných činností, **způsob** výkonu svěřených funkcí a **postup**, jak budou zpracovány výsledky provádění kontroly a dozoru.

Běžná praxe výkonu TDI je, že vykonává na stavbě pravidelnou (zejména BOZP) i nepravidelnou kontrolu, a to občas doplní namátkovým dozorem. Pro rozlišení zástupců investora, je vhodné rozlišovat tyto pojmy:

**TDI** – technický dozor investora (zaměstnanec investora),

**SD** – stavební dozor (smluvní partneři investora provádějící činnosti v rozsahu stavebního dozoru, externí pracovníci).



Obr. 4 - Organizace realizace projektu podle rakouského modelu smlouvy; zdroj: Austrian Society for Geomechanics: NATM The Austrian Practise of Conventional Tunnelling



## 5 SUPERVIZE

Supervize jako taková je přítomna téměř v každém odvětví a je prospěšná pro správné fungování firem, zdravotnických zařízení, stavebních projektů apod. Stává se důležitou součástí pracovního prostředí hlavně díky tomu, že všem zúčastněným dává zpětnou vazbu a upozorňuje na nedostatky a možná rizika pozorované činnosti.

### 5.1 Obecně

Supervize obecně představuje velmi důležitou oblast, která se týká profesního růstu. V prvopočátku byla běžnou součástí poradenství a sociální práce. V posledních letech je stále více žádána i v dalších oblastech práce s lidmi v pracovních týmech a organizacích [17].

#### 5.1.1 Definice supervize

Termín supervize je občas špatně chápán velice úzce. Někdo by mohl říct, že supervizor dohlíží pouze na produktivitu a rozvoj nových zaměstnanců. To však není zcela pravda. Obecně tento termín zahrnuje dohled nad někým v pracovním týmu a dále předává získané informace vrcholovému managementu. Je jím zpravidla nadřízený, tj. osoba, která nad někým vykonává dohled a reportuje jeho činnost vedení. Dohled zahrnuje základní manažerské dovednosti (rozhodování, plánování, řízení apod.), sledování a poskytování zpětné vazby, řeší problémy související s výkonem svých podřízených atd. To vše znamená, že supervizor nemusí být nutně někdo, komu je přímo přiřazena tato funkce, ale může jím být každý nadřízený, který má zodpovědnost za své zaměstnance nebo podřízené. Dá se říci, že každý „dozorce“ tak plní funkci trenéra, mentora, zástupce organizace a současně zástupce zaměstnanců.

##### 5.1.1.1 *Role trenéra*

Pro dobrého supervizora by mělo být na předním místě vedení svých zaměstnanců/podřízených. Úspěšné vedení zahrnuje práci s podřízenými na stanovení pracovních cílů a časového plánu. Pro úspěšné zvládnutí určených cílů je důležité vzít v potaz aspekty, které jsou přímo závislé na zaměstnancích jako takových.





To je například čas, který jsou ochotni obětovat danému úkolu, jejich ambice, silné a slabé stránky a podobně. S tím vším je potřeba pracovat a složit podle toho dokonalý tým, který bude vykazovat úspěchy.

#### **5.1.1.2 Role mentora**

Z pohledu vztahu supervizora a podřízeného v rámci zaměstnavatelského poměru je třeba zmínit skutečnost, že supervizor obvykle rozumí organizaci a pozici zaměstnance lépe než zaměstnanec. To znamená, že supervizor neboli mentor může poskytovat jedinečné rady dohlížené osobě ohledně její práce, užitečné tak pro její současnou i budoucí kariéru. Dozorci však musí přijmout tuto roli a svého podřízeného vést k lepším výsledkům, což je prospěšné jak pro zaměstnance, tak pro celou organizaci a také pro mentora samotného [18].

#### **5.1.1.3 Role zástupce organizace**

Často je supervizor první, kdo seznámí zaměstnance s politikou a programem organizace. Nezřídka se stává, že je zaměstnanec zmatený a frustrovaný novými předpisy, úkoly, akcemi apod a zde tedy musí fungovat mezičlánek mezi vedením a zaměstnancem, který poskytne pomocnou ruku. Což znamená například vysvětlení a seznámení s novými plány. Poskytne tak podporu, která je velice důležitá. Tato role vyžaduje zejména taktnost [18].

#### **5.1.1.4 Role zástupce zaměstnance**

Supervizor může pro svého zaměstnance znamenat jak osobu, jenž je součástí vrcholového managementu, tak i přítele, který obhajuje jeho zájmy před vedením a zastupuje ho tak v rámci celé organizace. Je-li například zaměstnanec šikovný a zaslouží si finanční odměny, je na dozorovaném, aby to navrhl a přednesl důvody, které ho k tomuto návrhu dovedly. Nebo také když je zaměstnanec ve složité životní situaci, je na supervizorovi, aby s tím seznámil vedení a mohlo se tak navrhnout, jak se s touto situací co nejlépe vypořádat. Tato role zajišťuje zaměstnancům jakési zázemí [18].

Toto vše shrnuje zároveň i povinnosti supervizora, z nichž ta nejvýznamnější je bezesporu dohled nad týmem podřízených, jejich hodnocení a následné doporučení případných zlepšení. Cílem supervize tak může být vyšší uspokojení z práce, zvýšení její kvality a efektivity, prevence profesního vyhoření apod.



### 5.1.2 Nejdůležitější teze supervize

- Umožňuje vyšším vedoucím pracovníkům soustředit se na plánování, řízení a funkce s tím související.
- Cílem je zlepšit personální úsilí individuálně a kolektivně.
- Dohled umožňuje odhalit nedostatky a nalézt pro ně řešení.
- Zajištění plného využití pracovní doby a síly.
- Díky dobře provedenému dozоровání se vyhneme plýtvání [17].

### 5.1.3 Průběh

Základem supervize je kontrakt nebo také dohoda o supervizi. Ten má většinou dvě části, a to technickou a obsahovou.

#### 5.1.3.1 *Technická část*

Sjednává se před zahájením supervize. Obsahem by mělo být určení typu supervize (individuální, týmová, výcviková atd.), místo, četnost setkání a cena. Mělo by se také projednat, jaké budou provedeny kroky v případě odvolání supervize z jedné či druhé strany. Součástí dohody je taktéž doba supervize – určitá či neurčitá, otázka mlčenlivosti a případných výstupů ze supervize [17].

#### 5.1.3.2 *Obsahová část*

Dále je třeba také připravit danou zakázku tak, aby byla definována z pohledu supervidovaného. Jde tedy o specifikaci představy o tom, co od supervize očekávají obě strany. Supervizor může zakázku upravit, pokud se ukáže, že byla definována příliš úzce. Vždy by měl obsah supervize odpovídat vzájemné dohodě a musí být vytyčena jasná oboustranná pravidla [17].



## 5.2 Supervize podzemních staveb

V principu platí vše, o čem se pojednává v předchozí kapitole o supervizi obecně, avšak i toto odvětví, jako každé jiné, má svá specifika. Jak bylo již zmíněno zpočátku, tato práce je zaměřena na tunelovací metodu NRTM, tudíž tato pozice musí splňovat požadavky našich rakouských sousedů a smluvních podmínek FIDIC.

### 5.2.1 Supervizor „na místě“

Klient obvykle jmenuje inženýra „poradce“ (Consultant Engineer) působícího jako inženýr supervizor (Supervision Engineer), který je odpovědný za komplexní kontrolu stavebních prací. Tento dohled na místě chrání zájmy klienta tím, že zajišťuje dokončení prací v souladu se smluvními podmínkami.

Supervizor kontroluje zjištěné geologické podmínky se zástupcem dodavatele a po vzájemné dohodě určí, modifikuje či potvrdí předem navržené podrobnosti metody ražby. Jedná se například o délku záběru, částečné dělené ražení projektovaného profilu tunelu, množství podpůrných měření při instalaci tunelové obezdívky, tj. primární a sekundární ostění apod. To vše vyžaduje každodenní setkávání s dodavatelem v místě stavby.

Pokud jde o kvalitu a náklady na stavbu, musí supervizor kontrolovat správné užívání a manipulaci se stavebním materiálem, stanovit plány měření a přezkoumat faktury dodavatele. Nakonec také dohlíží na nápravu vad, které mohou nastat v průběhu výstavby [19].

### 5.2.2 Definice supervizora dle smluvních podmínek FIDIC

Pro pořádek je třeba uvést, že ve smluvních podmínkách dle FIDIC je definována přímo role inženýra neboli supervizora (The Engineer). Obecně lze říci, že kontrakt dle podmínek FIDIC zahrnuje 4 hlavní pozice, a to **Investor, Inženýr, Zhotovitel a Projektant** (The Employer, The Engineer, The Contractor & The Designer). V našem případě supervizora zahrnuje přímo role „Inženýra“ [20].

Spojení „Supervision Consultant or SC“ neboli česky supervizor představuje subjekt jmenovaný investorem jako SC pro účely kontroly kvality výstavby a kontroly smlouvy mezi investorem a zhotovitelem a je oznámena investorem dodavateli podle ustanovení čl. 3.4. [20]. Služby SC investor nejčastěji zajistí tak, že podepíše smlouvu s inženýrskou firmou.



Objednatel potřebuje mimo jiné služby pozice, která se dle FIDIC definuje jako Construction Manager<sup>4</sup> (dále CM), jinak také manažera výstavby, který má v praxi význam jako hlavní stavbyvedoucí. Povinnosti jak CM, tak i SC, jsou jasně vymezeny v kontraktu – odpovědnost za kvalitu, technické záležitosti, přezkoumání a schvalování výkresové dokumentace a jiné povinnosti s důrazem na to, že jejich role musí být jasně specifikována.

### **5.2.2.1 Role supervizora**

Povinnosti supervizora musí být definovány ve smlouvě. SC může své povinnosti samozřejmě převést na někoho jiného, avšak jak nejlépe delegovat povinnosti na hlavního stavbyvedoucího není úplně jednoznačné. Jednou z cest je, že je vyjednána samostatná dohoda mezi klientem a jeho konzultantem, kde jsou specifikovány služby a hlavní smlouva na ni odkazuje. Jakékoli změny v povinnostech Inženýra (supervizora) musí být velice dobře promyšleny. Pokud jde o jednu zakázku na stavbu, pak se zdá zbytečné povinnosti rozdělovat. Nicméně, když projekt zahrnuje řadu současných stavebních smluv, pak se nabízí celkem důležitá otázka ohledně koordinace smluv. Pro různé kontrakty stavebních prací mohou být jmenování odlišní projektanti, a dokonce i jiní Inženýři, takže je potřeba manažer, který na vše dohlédne. Když je potřeba rozdělit role, tak by měl o konkrétních zodpovědnostech a pravomocích jednotlivých organizací rozhodovat objednatel a mělo by to být jasně definováno ve smlouvě mezi investorem a každou zúčastněnou stranou (týká se to i smluv s dodavateli). Navrhovatel by měl rovněž zvážit veškeré zákonné požadavky na supervizi dle platného práva [21]. To vše musí být pečlivě zpracováno v kontraktu, aby se předešlo problémům během výstavby a při řešení sporů.

---

<sup>4</sup> Role CM je jasně uvedena ve smlouvě s objednatelem. Jeho povinností je se starat o administrativní záležitosti, plánování, monitorování, řízení nákladů, rozpočtování a jeho prostřednictvím se uskutečňují veškerá korespondence. Měl by sledovat koordinaci mezi všemi pracovníky na místě a svolávat schůze [20].



### 5.2.3 Supervize a stavební zákon

Pojem supervize není ve stavebním zákoně přímo definován, avšak dá se přirovnat k pozici **stavební dozor**. Uvedené citace jsou vyňaty přímo ze stavebního zákona č.183/2006 Sb. [22].

*§152 (4) „U stavby financované z veřejného rozpočtu, kterou provádí stavební podnikatel jako zhotovitel, je stavebník povinen zajistit technický dozor stavebníka nad prováděním stavby fyzickou osobou oprávněnou podle zvláštního právního předpisu14).“*

*§153 (3) „Osoba vykonávající stavební dozor odpovídá spolu se stavebníkem za soulad prostorové polohy stavby s ověřenou dokumentací, za dodržení obecných požadavků na výstavbu, za bezbariérové užívání stavby a jiných technických předpisů a za dodržení rozhodnutí a jiných opatření vydaných k uskutečnění stavby.“*

*§153 (4) „Osoba vykonávající stavební dozor sleduje způsob a postup provádění stavby, zejména bezpečnost instalací a provozu technických zařízení na staveništi, vhodnost ukládání a použití stavebních výrobků, materiálů a konstrukcí a vedení stavebního deníku nebo jednoduchého záznamu o stavbě; působí k odstranění závad při provádění stavby, a pokud se jí nepodaří takové závady v rámci vykonávání dozoru odstranit, oznámí je neprodleně stavebnímu úřadu.“*

*§155 (1) „Stavební podnikatelé, stavbyvedoucí, osoby vykonávající stavební dozor, autorizovaní inspektoři, stavebníci a vlastníci staveb jsou povinni bezodkladně oznamovat příslušnému stavebnímu úřadu a ministerstvu výskyt závady, poruchy nebo havárie stavby a výsledky šetření jejich příčin, došlo-li při nich ke ztrátám na životech, k ohrožení života osob nebo zvířat nebo ke značným majetkovým škodám. Oznámení musí obsahovat zejména místo, čas, popis oznamované události a jejích důsledků, povahu stavby, popřípadě další okolnosti důležité pro správné posouzení příčin; nezabývá se hodnocením či posuzováním viny nebo odpovědnosti.“*

*§155 (2) „Rozsah a způsob oznamování výskytu závady, poruchy nebo havárie stavby a výsledky šetření jejich příčin stanoví prováděcí právní předpis.“*



## 6 POPIS VYBRANÝCH LOKALIT

Shrnutí zásadních informací o zemích, ve kterých se vybrané stavby vyskytují. Každá země je něčím specifická a konkrétně tyto 3 země – Česká republika, Indie a Čína – se od sebe velice odlišují. Ať už geografickými podmínkami, politickým systémem a ekonomickou situací či kulturou.

### 6.1 Česká republika

Česká republika patří mezi státy s vyspělou úrovní oboru podzemního stavitelství. A to i přesto, že je vzhledem k ostatním státům poměrně malou zemí. Vznikla zde díla světového formátu a disponuje mnoha podzemními stavbami různého účelu využití.

#### 6.1.1 Základní informace

Vnitrozemský stát ležící ve střední Evropě v mírném pásu. Vznik současného státního uspořádání se datuje k 1. lednu 1993. ČR je vyspělá země, která patří k vysoce hodnoceným státům světa z hlediska různých sociálních a ekonomických indikátorů. Její území se skládá ze 3 částí – Čechy, Morava a Slezsko.

Hlavní město:	Praha
Rozloha:	78 866 km <sup>2</sup>
Nejvyšší bod:	Sněžka (1603 m.n.m)
Počet obyvatel:	10 578 820 (1.1.2017)
Hustota zalidnění:	134 ob./km <sup>2</sup>
Státní zřízení:	parlamentní republika
HDP <sup>5</sup> /obyv:	32 622 USD (2016)

<sup>5</sup> Peněžní vyjádření celkové hodnoty statků a služeb nově vytvořených v daném období na určitém území. Používá se pro stanovení výkonnosti ekonomiky.



### **6.1.1.1 Geologický vývoj a morfologie území**

Českou republiku lze z geologického hlediska rozdělit na 2 základní celky. Na Český masiv a Karpatskou soustavu. Do Českého masivu patří Čechy, západní Morava a Slezsko. Karpatskou soustavu tvoří východní a jihovýchodní Morava. Geologický vývoj a morfologie těchto dvou celků se značně liší.

**Český masiv** představuje složitě tektonicky porušenou zemskou kru vystupující z mladších geologických útvarů. Vznikl v prvohorách variským vrásněním. Táhne se z Rakouska od břehů Dunaje, v Německu se k němu řadí Horní Falc a sasko-lužická oblast a v Polsku severovýchodní svahy pohoří sudetského systému. Z hlediska horninového složení jde hlavně o neovulkanické, metamorfované, sedimentární a variské vyvřelé horniny.

**Karpatská soustava** je mnohem mladší. Jde o systém pohoří alpínsko-himalájské soustavy. Na území ČR se nachází pouze část Západních Karpat. Tuto soustavu lze na základě geologické stavby označit jako flyšové. Flyšové horniny se vyznačují střídáním sedimentů hrubozrnných (slepence, pískovce) a jemnozrnných (jílovce), vytvářejících tenké vrstvy mezi hrubozrnnými sedimenty.

V důsledku různého vývoje existuje mezi těmito dvěma celky mnoho rozdílů. Z pohledu morfologie v Českém Masivu převládá parovinný charakter a obvodové části vytvářejí nepřilíš vysoké pohraniční hory. V Karpatské soustavě je nápadná velká členitost terénu, je patrná silná erozivní činnost a horniny jsou většinou podrcené [23].

### **6.1.1.2 Klimatické podmínky**

Na území České republiky je podnebí mírné, přechodné mezi oceánským a kontinentálním. Typické je střídání 4 ročních období. Mezi létem a zimou jsou velké teplotní rozdíly. Zatímco v létě mohou teploty překročit 30 °C, v zimě se může teplota dostat až na -20 °C. Dále je charakteristické západní proudění s převahou západních větrů, časté střídání jednotlivých frontálních systémů a poměrně hojné srážky. Na většině území (hlavně jeho vnitrozemí), naprší za rok 500 až 700 mm srážek za rok. Na podnebí má také vliv nadmořská výška a členitý reliéf. Střední nadmořská výška České republiky je 430 m.



### **6.1.1.3 Ekonomická a politická situace**

Jedná se o vyspělou zemi, která se řadí mezi země s nejrozvinutější ekonomikou na světě. Meziroční růst je na sklonku roku 2017 nejvyšší za poslední dva roky. *"Česká ekonomika zřejmě zažívá vrchol svého cyklického růstu. Pětiprocentní meziroční dynamiku jsme sice viděli už v roce 2015, tehdy byl ale růst napumpován penězi EU, které bylo nutné do konce roku utratit. Tentokrát stojí za růstem stabilnější faktory,"* uvedl hlavní ekonom UniCredit Bank Pavel Sobíšek [24].

K růstu přispěly dle statistiků zřejmě všechny hlavní složky HDP (domácí spotřeba, investice i export.) rovným dílem. *"Klíčovým faktorem růstu české ekonomiky je spotřeba domácností. Ta roste díky vyšším mzdám. Jelikož se mzdová úroveň bude dále zvyšovat, očekáváme vysoké tempo hospodářského růstu i v roce 2018,"* uvedl hlavní ekonom společnosti BH Securities Štěpán Křeček [24].

*"Česká republika aktuálně patří mezi nejrychleji rostoucí ekonomiky v Evropě, spolu s Pobaltím, Slovenskem, Rumunskem, Maltou a Irskem,"* uvedl David Marek, hlavní ekonom poradenské společnosti Deloitte [24].

K růstu také přispívá rostoucí zaměstnanost, což souvisí s nedostatkem pracovníků. Nezaměstnanost je v roce 2017 nejnižší za posledních 20 let.



### 6.1.2 Tunel Lochkov

Zájmovou stavbou na území ČR jsou Tunely Slivenec. Toto dílo se dnes nazývá jako Tunel Lochkov, jehož ražba byla součástí stavby SOKP 514 (Silniční okruh kolem Prahy). Nejen díky této stavbě v roce 2010 vznikl důležitý obchvat, který odklonil dálniční tranzitní dopravu z dálnice D5 ze směru SRN přímo na dálnici D1 východním směrem.



Obr. 5 – Tunel Lochkov (Radotínský portál); zdroj: vlastní

#### 6.1.2.1 Popis a účel stavby

Stavba: SOKP stavba 514, tunely Slivenec

Investor: Ředitelství silnic a dálnic ČR

Zhotovitel: Sdružení STRABAG-HOCHTIEF-BÖGL

Projektant: METROPROJEKT Praha a.s., Valbek spol. s.r.o., Tubes spol.s.r.o.

Výstavba: 10/2006–09/2010

Hlavním zhotovitelem v rámci úseku budovaných tunelů byla společnost Hochtief CZ.



Popisované tunely s parametry dálničních tunelů byly vybudovány na trase od Lahovic ke Slivenci a tvoří je dvě jednosměrné trouby. Levá tunelová trouba je dvoupruhová. Pravá tunelová trouba, která je směrem od Lahovic ve stoupání, vyžadovala rozšíření o stoupací pruh, a proto je třípruhová. Ražený dvoupruhový tunel má délku 1252,44 m a třípruhový je dlouhý 1306,36 m [4].

Ražba obou samostatných tunelových tubusů byla prováděna od portálu Lochkov konvenčním cyklickým způsobem ražby dle zásad NRTM.

Co se týče geologické situace širšího okolí stavby, tak jde o velmi zajímavou a pestrou oblast. Stavba se nachází na JZ okraji Prahy. Geomorfologicky se jedná o kraj Pražské plošiny s jihovýchodně orientovaným svahem vltavského údolí, s převýšením až 130 m [4]. Ražené tunely jsou situovány v oblasti nazývané jako Barrandien.

Trouby jsou vedeny v ordovických a silurských horninách, které byly tektonicky porušené a prostoupené zlomovými a vrásovými poruchami. Jednalo se ze začátku převážně o vápnité břidlice, doplněné četnými vložkami vápenců, a posléze i bazaltové tufy. Druhá polovina ražeb probíhala střídavě v břidlicích, pískovcích, případně tufech. Obecně lze konstatovat, že příznivější, místy takřka zdravé horniny byly zastiženy v první polovině ražeb, což mělo vliv na lepší geotechnické podmínky při ražbách a příznivější měsíční postupy (na jaře 2007 byl zaznamenán postup ražby v kalotě dvoupruhového tunelu takřka 140 m/měsíc).

Z dostupných publikací lze vyvodit, že po provedení průzkumné štoly v předstihu, v rámci předběžného detailního geotechnického průzkumu, samotná ražba obou tunelů probíhala převážně v suchém horninovém prostředí, přičemž byly zastiženy místy pouze slabé průsaky podzemních vod do tunelu. Ražby obou tunelových trub byly úspěšně a kompletně dokončeny před koncem roku 2008, posléze pokračovala ražba propojek mezi tunely a samozřejmě betonáž sekundární obezdívky (sekundární neboli definitivní ostění) a závěrem budování vozovky a instalace nutných technologií pro silniční tunely.

Z důvodu stísněných poměrů především v oblasti zpřístupněného jihovýchodního Lahovického (Radotínského) portálu se ražení provádělo pomocí výkonných moderních kolových a pásových mechanismů. Poměrně dlouhá část tunelu ve stavební jámě na Lochkovském portále a krátký úsek tunelu na Lahovickém portále byly vybudovány jako tzv. hloubené tunely se zpětným zásypem, v zahraničí nazývané „Cut & Cover“.

Smlouva o dílo mezi investorem a Sdružením stavebních společností byla typu FIDIC-Red book. Smluvní cena celé stavby činila 8,9 mld. Kč (v cenové úrovni roku 2005 včetně DPH) a cena stavební části tunelu ve stejné cenové úrovni činila 1,8 mld. Kč [25]. Stavba byla financována ze tří zdrojů, a to z národních prostředků Státního fondu dopravní infrastruktury, z evropských prostředků z Fondu soudržnosti EU a doplňkově pomocí úvěru Evropské investiční banky. Této struktuře zdrojů též odpovídal kontrolní aparát státní správy pro čerpání prostředků těchto veřejných zdrojů.



Obr. 6 – Tunel Lochkov (Lochkovský portál); zdroj: vlastní

### 6.1.2.2 Použité technologie NRTM

Strojní mechanismy, které byly použity na tomto tunelu nejlépe znázorňuje následující fotografie pořízená přímo na stavbě během ražby. Na obr. č.7 je zachycena běžná moderní sestava používaná ve vyspělých zemích při ražbě NRTM. Konkrétně se jedná o pásový tunelbagr, kolový nakladač, dvoulafetový vrtací stroj, manipulátor stříkací směsi neboli plně automatizovaný stříkací stroj a několik damprů (nákladní vozidla na odvoz rubaniny).



Obr. 7 – Strojní sestava používaná při ražbě NRTM; zdroj: vlastní

### 6.1.2.3 Supervize/dozor na stavbě

Při výstavbě pracoval pro investora tým supervizorů ve sdružení dvou společností IDS, a.s. Praha a Pragoprojekt, a.s. a jako technická pomoc investora společnost D2 Consult CZ. Průběh ražeb byl rovněž dle zásad NRTM sledován nepřetržitým a nezávislým geotechnickým monitoringem na objednávku investora. Jednalo se o firmu SG Geotechnika, a.s.



### **Náplň práce dozoru ve spolupráci s GTM:**

- průběžná kontrola zpracovávané realizační dokumentace,
- průběžný stavební dozor,
- kontrola prováděného geotechnického monitoringu,
- stanovování technologických tříd NRTM podle zastižených geologických podmínek a výsledků monitoringu,
- úpravy způsobu vystrojení ve smyslu NRTM a projektu,
- koordinace zúčastněných subjektů,
- kontrola financování ražby,
- předkládání návrhů na úpravu probíhajících a plánovaných činností.

#### **6.1.2.4 Geotechnický monitoring**

Komplexní geotechnický monitoring (dále GTM) během výstavby tunelů Slivenec provádělo sdružení firem ARCADIS Geotechnika a.s. (dnes používá svůj původní název SG-Geotechnika a.s.) a PUDIS, a.s. pro investora.

Cílem kontinuálního kontrolního sledování bylo popisovat provádění a postupů razících prací a vyhodnocování výsledků veškerých geotechnických měření zajišťovaných odborným subjektem jak na samotné konstrukci tunelů, tak i na povrchu (včetně pozemní zástavby nad tunelem).

Na základě výsledků a hodnocení GTM se upravuje technologie výstavby (především ražby) v jejím průběhu s ohledem na skutečné reakce horninového masivu na konstrukci tunelu, případně se mění i prováděcí projekt. Cílem geotechnického monitoringu je předpověď chování sledovaného systému a přijímání opatření k úspěšnému a ekonomickému dokončení výstavby tunelu, s čímž také souvisí kontrola účinnosti opatření a predikace vzniku nebezpečí nežádoucích a neočekávaných jevů během výstavby.

Jednou z nejdůležitějších činností GTM je vyhodnocování měření ve vztahu k předem určeným varovným stavům poskytnutým projektantem.



### **Zásadní nedostatky a chyby při výstavbě**

Během výstavby na tomto úseku nedošlo k nijak zvlášť významným problémům či jakýmkoliv pochybením. Z dostupné publikace, lze konstatovat, že profesionální tým odborníků ze všech zúčastněných stran se zhostil své role úspěšně a dokončil toto dílo v přijatelné kvalitě a v termínu. Obecně se nedá se provést dokonalý předběžný průzkum, a proto se již v přípravě počítá s mírnými odchylkami, které se v průběhu výstavby řeší až na základě prováděného GTM.

V tomto případě komunikace mezi společnostmi provádějící monitoring, zhotovitelem, a projektantem a supervizí natolik fungovala, že se všem případným závažným problémům podařilo včas předejít. Kvalitně prováděný geotechnický monitoring a supervize odbornými zástupci uvedených společností přispělo k tomu, že byla tato stavba provedena bezpečně a efektivně.

## 6.2 Čínská lidová republika

Druhou zájmovou oblastí je světová velmoc – Čínská Lidová Republika, která poskytuje velké množství odlišností oproti České republice. Už svou rozlohou jsou tyto dva státy neporovnatelné. Země takového formátu nabízí různorodé podmínky v jednotlivých oblastech.



Obr. 8 – Portál tunelu Liaoxi – exit; zdroj: vlastní

### 6.2.1 Základní informace

Čína nebo také Čínská lidová republika (ČLR) je nejlidnatější zemí světa ležící ve východní Asii a zároveň největším asijským státem. Díky rychle rostoucí ekonomice a vojenské síle se stává supervelmocí. Její postup na vrchol je však brzděn politickou situací, tedy nadvládou komunistické strany.

Čína má víceúrovňový správní systém na jehož vrcholu stojí provincie. Provincí je celkem 23. Dále je rozdělena na 5 autonomních oblastí (mezi které patří například tolik diskutovaný Tibet), které obývají hlavně příslušníci národnostních menšin, 4 samosprávná města (Peking, Čchung-čching, Šanghaj, Tchien-t'in) a 2 zvláštní správní oblasti (Hongkong, Macao).



Hlavní město:	Peking
Rozloha:	9 596 960 km <sup>2</sup>
Nejvyšší bod:	Mount Everest (8844,43 m.n.m)
Počet obyvatel:	1 412 468 771 (1.1.2017) – 1. na světě
Hustota zalidnění:	137 ob/km <sup>2</sup>
Státní zřízení:	lidově demokratická republika
HDP/obyv:	7 990 USD (2015)

### **6.2.1.1 Geologický vývoj a morfologie území**

Povrch ČLR se skládá ze tří výškových stupňů, které vznikly díky pohybu litosférických desek.

**I. Výškový stupeň** zahrnuje aluviální nížiny tvořené usazeninami. Jde o relativně mladé území vzniklé až ve čtvrtohorách. Nachází se zde sedimenty – spraše, vápence apod. (Velká čínská nížina, Východočínská nížina, Jihočínská hornatina).

**II. Výškový stupeň** je tvořen ze dvou částí. Z nejstarších pevninských štítů, které patří k neklidnějším oblastem a z rozsáhlých geomorfologických celků zvrásněných v důsledku alpínsko-himalájského vrásnění. (např. pánve – Sečuánská, Tarimská, a pohoří – Tarbagatai, Altai Shan apod.).

**III. Výškový stupeň** tvoří pásmová pohoří vyplněná náhorními plošinami, kde se nachází metamorfity a sedimenty, vzniklá alpínsko-himalájským vrásněním. Jedná se o největší horské systémy světa, které způsobují srážkový stín. (Pohoří – Sino-tibetské hory, Himaláje, Pamir, Karakoram a plošiny – Tibetská náhorní, Qaudam Pendi). V této oblasti je několik osmitisícovek včetně MT. Eeverestu, K2 apod [26].





### 6.2.1.2 *Klimatické podmínky*

Vzhledem k obrovské rozloze popisované země, jsou klimatické podmínky velice rozdílné. Zjednodušeně lze Čínu rozdělit na několik oblastí – jižní, centrální, severní, severozápadní a jihozápadní.

**Jih** země se vyznačuje subtropickým až tropickým klimatem (hranice s Vietnamem, Laosem a Barmou). Pro tuto oblast je typické vlhké a teplé léto i jaro a teploty se mohou přiblížit až ke 40 °C. Mohou se vyskytnout také tajfuny, které přinášejí vydatné přívalové deště. Se vzrůstající vzdáleností od moře klesá množství srážek. Teplota zde bývá až do prosince. Zimy jsou krátké (leden-únor) a pouze chladné (většinou s plusovými teplotami).

**Centrální oblast** (okolí Šanghaje, povodí řeky Jang-c'-ťiang) má subtropické klima, kde jsou také krátké ale opravdu chladné zimy, kdy se teploty dostávají i pod bod mrazu a dlouhá, horká a vlhká léta.

V **severní Číně** jsou velmi chladné a suché zimy (průměrná teplota okolo -9 °C). Léta jsou teplá a deštivá (průměrná teplota cca 24 °C). Směrem do vnitrozemí a SZ je klima sušší a má kontinentálnější charakter.

Podnebí v **severozápadní oblasti Číny** se vyznačuje pouštním a stepním charakterem a průměrné zimní teploty jsou nižší než -10 °C, letní okolo 20 °C. Množství srážek je extrémně nízké (méně než 100 mm ročně).

Co se týče **Tibetské náhorní plošiny na JZ země**, zde jsou klimatické poměry arktické až poloarktické vzhledem k extrémně vysokým nadmořským výškám. V létě se mohou teploty pohybovat okolo 25 °C, v zimě ale běžně klesají až na -20 °C. Celoročně je klima velmi suché, vzduch je znatelně řidší z důvodu vyšších nadmořských míst.

### 6.2.1.3 *Ekonomická a politická situace*

Ekonomika se během posledního čtvrt století změnila z výhradně centrálně plánované více na obchodně a mezinárodně orientovanou. Výrazně vzrostl také počet soukromých podniků díky reformám v 70. letech minulého století, které povolovaly postupnou liberalizaci cen a přecházely z kolektivního zemědělství na soukromý sektor. V dnešní době je Čína jedním z hlavních lídrů globální ekonomiky.

Čínská vláda slíbila zdvojnásobit velikost ekonomiky mezi roky 2010 a 2020. To ale bohužel zahrnuje toleranci obrovského růstu dluhu.



Takové zadlužení však v budoucnu zvyšuje riziko krize, což ve své zprávě o výhledu čínské ekonomiky uvedl Mezinárodní měnový fond.

Fond varoval, že růst úvěrů nebezpečně stoupá a zvyšuje tak riziko zpomalení ekonomického růstu. Čína byla proto vyzvána k akci, která by postupně zbrzdila nárůst objemu úvěrů [27]. Zástupce Číny u MMF tento scénář odmítá s tím, že je velmi nepravděpodobný. Také bylo konstatováno ohledně reformy státních podniků, že velká část ekonomiky zůstává nadále nepřístupná firmám ze soukromého sektoru.

Politickým systémem v ČLR je autoritářský režim pod vedením komunistické strany Číny. V čele stojí prezident, který je volen Národním lidovým shromážděním (NLS) na pětileté období. Prezident navrhuje premiéra, kterého pak schvaluje Shromáždění. Parlament je jednokomorový, členové NLS jsou voleni městskými, regionálními a provinčními Shromážděními. Ústava vyhláší, že všechna moc patří lidu. Orgánem, jehož prostřednictvím se tato moc uplatňuje, je již zmíněné NLS. Systém lidových shromáždění je tak základem čínského politického systému.

## 6.2.2 Tunely na projektu Chengdu-Chongqing Railway PDL

Vybraná stavba z ČLR se nachází v provincii Chongqing a jedná se o projekt vysokorychlostní železnice Chengdu-Chongqing PDL. Konkrétně jde o část projektu mezi oběma městy, která obnáší více jak 66 km z délky 308 km celé trasy. V rámci této trasy bylo navrženo celkem 11 tunelů v délce 20,5 km.



Obr. 9 – Chongqing a Chengdu; zdroj: vlastní

### 6.2.2.1 Chongqing

Centrálně spravované město na úrovni provincie. Městem i provincií protéká řeka Jang-c'-t'iang. Provincie se osamostatnila v r.1997 a má 19 distriktů a 15 okresů.

Rozloha: 82 401 km<sup>2</sup>

Počet obyvatel: 28 846 170 (2010)

Hustota zalidnění: 370 ob/km<sup>2</sup>

Leží v subtropickém pásmu s monzunovým klimatem, které se vyznačuje vysokou vlhkostí. Průměrná teplota se pohybuje okolo 19 °C, ale v srpnu může dosáhnout až 40 °C. Nejnižší teploty jsou v lednu okolo 6 °C. Roční srážky jsou v průměru 1,138 mm a z toho skoro 70 % spadne v rozmezí květen-srpen.

Z hlediska geologického jde o komplikované a pestré území. V Chongqing a v Sečuánu se jedná hlavně o sedimentární horniny. Část celého projektu se nachází v Sečuánské pánvi. Převažujícím horninovým prostředím jsou vápence a v jsou zde také v menší míře zastoupeny dolomitické horniny. V tunelech se narazilo také na pískovce, vložky břidlic a v jednom tunelu dokonce i na proplátky uhlí (nejspíše zde docházelo k ruční těžbě uhlí).

### 6.2.2.2 *Popis a účel stavby*

Tento projekt je součástí Shanghai-Wuhan-Chengdu-Nanjing Passenger Dedicated Line (PDL) a jedná se o vysokorychlostní železniční trať. Délka trasy je již zmíněných 308 km, z toho je 185,5 km v provincii Sečuán a 122,5 km v Chongqing.

Investor: MOR (ministerstvo železnic)

Zhotovitel: CREG-2, CRCC-17

Výstavba: 10/2010–11/2015



Obr. 10– Úsek trasy PDL; zdroj: vlastní



Stavba byla oproti předpokladu prodloužena o 6 měsíců (původní termín byl určen na 31.5.2015). Na trase se nacházely složité tunelové stavby s vysokým rizikem jako například New XinzhongliangShan tunel, New Hongyan tunel, Da'an tunel. Projekt některých tunelů musel být dokonce změněn.

Popisovaný úsek stavby je též označován jako projekt LOT 3, který byl ještě rozdělen na dvě části. Sekci 5 (**CYSG-5**), jejíž délka je cca 50 km a dělí se na dalších 5 částí a Sekci 6 (**CYSG-6**) o délce okolo 17 km rozdělenou na 2 části.

### Sekce CYSG-5

Hlavním zhotovitelem na této části byla firma CREG-2. Tato část zahrnuje trasu z města Yongchuan do předměstí Chongqingu.

Construction Section 5 (CYSG-5):					CREG 2
No.	Name of constr. site	Station	Subs:	Lenght	Note
	<i>Start of Project</i>	DK 240+154.2			Yungchuan Station
1	Entrance of Da an Tunnel	DK 243+950	1	5054 m	3-4 excavated places
	Incline Shaft of Daan	DK 246+100	2		
	Exit of Da an Tunnel	DK 249+004	2		
2	Entrance of Chenjiapo Tunnel	DK 267+460	DK 268+095	3	635 m
3	Entrance of Jinyunshan Tunnel	DK 275+355		5	3175 m
	Incline Shaft of Jinyunshan Tunnel		5		
	Exit of Jinyunshan Tunnel	DK 278+530	5		
4	Entrance of Shangshiyuan Tunnel	DK 279+020	DK 279+390	5	370 m
5	Entrance of Bishan Tunnel	DK 283+195		5	3455 m
	Incline Shaft of Bishan Tunnel		5		
	Exit of Bishan Tunnel	DK 286+650	5		

Tab. 1 – Tunely CYSG-5; zdroj: vlastní

### Sekce CYSG-6

Na této sekci byla hlavním zhotovitelem firma CRCC-17. Trasa navazuje na sekci 5. Vede z předměstí CG a končí v Chongqing North Railway Station. Tato část byla komplikovanější, protože vede pod městskou zástavbou.

Construction Section 6 (CYSG-6):					CRCC 17
No.	Name of constr. site	Station	Subs:	Lenght	Note
	<i>Start of this Section</i>	DK 289+100			
6	Entrance of Xinzhongliangshan T. Right	YDK 290+305	1	4119 m	
7	Entrance of Xinzhongliangshan T. Left	DK 290+296	1	4124 m	
	Incline Shaft of Xinzhongliangshan T.		1		3-4 excavated places
	Exit of Xinzhongliangshan T. Right line	YDK 294+424	1		
	Exit of Xinzhongliangshan T. Left line	DK 294+420	1		
8	Entrance of Xinhongyan Tunnel	DK 297+290	1	6970 m	not started yet
	Exit of Xinhongyan Tunnel	DK 304+260	2		
9	Entrance of Zhumujie Tunnel	DK 304+409	2	721 m	not started yet
	Exit of Zhumujie Tunnel	DK 305+130	2		
	<i>End of Project</i>	DK 306+302.2	66	148,00 m	ChongQing Station
	Branch Line of Section 6				
10	DouziBei Tunnel	HCDK 503+710–DK 503+850		140 m	not started yet

Tab. 2 – Tunely CYSG-6; zdroj: vlastní

### 6.2.2.3 Použité technologie

Důležité je zmínit, že v této zemi je zvykem, že mnoho prací provádějí dělníci v tunelu ručně (obr. 11, 12). Například nástřík stříkaným betonem a vrtání vrtů provádějí z mobilního lešení (obr.13) a prakticky nepoužívají vrtací vozy či automatické manipulátory, které jsou obvykle na tyto technologické postupy používány ve vyspělých evropských zemích používající moderní technologii.



Obr. 11 – Ruční vrtání (jádro); zdroj: vlastní



Obr. 12 – Ruční vrtání z lešení na čelbě kaloty; zdroj: vlastní



Obr. 13 – Ruční vrtání z pojízdného lešení; zdroj: vlastní



#### 6.2.2.4 Supervize na stavbě

Na úseku LOT 3 byl nasazen tým zahraničních supervizorů, jehož součástí byl i český inženýr Radek Bernard jako Team Leader a specialista na tunely v období od 21.5.2011 – 30.4. 2012.

No.	Name	Function
1	Mr. Roland Herden	GSE
2	Mr. Kao Sheng-Hua	Team Leader
3	Mr. Radek Bernard	Team Leader
4	Mr. Herald Liebheim	Subgrade Supervisor
5	Mr. Li Fei	Technical Assistant / Translator
6	Mr. Liu Pu	Technical Assistant / Translator
7	Mr. Li Xingang	Driver
8	Ms. Liu Sha	Secretary

Tab. 3 – Členové týmu na úseku LOT 3; zdroj: vlastní

#### Náplň činnosti supervize:

- kontrola kvality, bezpečnost při výstavbě,
- spolupráce s lokálními dozory, jejich kontrola, případně, ponaučení (pravidelná školení čínských dozorů),
- denně informovat a nabádat zhotovitele o správném způsobu provádění konkrétních stavebních činností (včetně výukových školení),
- denní, týdenní, měsíční a speciální zprávy,
- prezentace a schůzky se zhotoviteli, dozory, klientem,
- aktivní účast na měsíčních kontrolních dnech.

Zahraniční tým supervizorů však nedisponoval veškerými informacemi ze strany partnera ve sdružení, klienta, projektanta a jednotlivých zhotovitelů, které by ke své činnosti na tak složitém projektu potřeboval. Jejich činnost se tak musela omezit na jednoznačně viditelné kontroly kvality a bezpečnosti s pravidelnými návrhy dodržování daných technologií dle mezinárodně užívaných pravidel a standardů.

Tým supervizorů narazil na pár zásadních nedostatků při výstavbě tunelu na tomto projektu, která probíhala/měla probíhat dle zásad konvenčního tunelování, konkrétně dle metody NRTM.



Některé problémy byly způsobeny kvalitou výstavby, další nedodržením hlavních principů konvenčního tunelování a v neposlední řadě se vyskytly také problémy s bezpečností. V následujících bodech jsou zmíněny zásadní nedostatky při výstavbě tunelů, které byly zjištěny při namátkových kontrolách supervizora. Je ovšem nutné podotknout, že postupem času, především díky trpělivé činnosti zahraničních supervizorů, jednotliví čínští zhotovitelé zlepšili svůj přístup k výstavbě a níže uvedené nedostatky již nebyly každodenním pravidlem při denních kontrolách.

### **Zásadní nedostatky a chyby při výstavbě:**

- minimální využití observace při NRTM, minimální reakce na změny v průběhu ražeb (špatná spolupráce s projektantem),
- nedostatečné zajištění primárního ostění u čelby (dlouhý nevyztužený prostor, chybějící kotvení, špatná kvalita SB, nedůkladná instalace výztužných prvků primárního ostění apod.),
- nedostatečné vibrování (hutnění) při betonáži sekundárního ostění a s tím spojená slabá kvalita definitivní obezdívky,
- nerovnoměrný profil s velkými boulemi, vyčnívajícím materiálem nebo nedostatečný povrch primárního ostění před instalací vodotěsné izolace (před betonáží sekundárního ostění),
- instalace izolace (poškození), armatury, odvodnění čelby, bezpečnost v tunelu, monitoring, zajištění portálů apod.

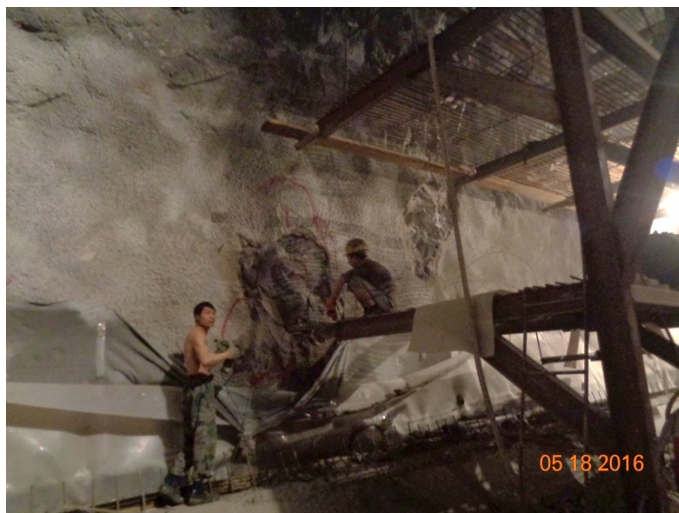




Obr. 14– Nedodržení přesahu kari sítí; zdroj: vlastní



Obr. 15 – Konstrukční spára; zdroj: vlastní



Obr. 16 – Dělník v tunelu bez OOPP; zdroj: vlastní



Obr. 17 – Trhliny v definitivním ostění; zdroj: vlastní



Obr. 18 – Primární ostění před pokládkou izolace; zdroj: vlastní



Obr. 19 – Vady na konstrukci hloubeného tunelu; zdroj: vlastní



## 6.3 Indická republika

Poslední vybranou zemí je Indie, která je diametrálně odlišná od předchozích vybraných zemí. Je specifická tím, že na severu jsou zcela rozdílné klimatické podmínky než na jihu. Jako by to byly dvě různé země. Dokonce i lidé vypadají odlišně, snadno se dá poznat, kdo pochází z hor a kdo z jižní oblasti.

### 6.3.1 Základní informace

Oficiálním názvem Indická republika je sedmou největší a druhou nejlidnatější zemí světa. Rozkládá se na Indickém subkontinentu v jižní Asii. Z hlediska politického se jedná o federaci s demokratickým a parlamentním zřízením. Je také považována za jednu z možných supervelmocí.

Indie je rozdělena na 29 spolkových států s vlastní volenou vládou a 7 svazových teritorií včetně území hlavního města. Každé teritorium má svého guvernéra, který je jmenován prezidentem.

Hlavní město:	Nové Dillí
Rozloha:	3 287 590 km <sup>2</sup>
Nejvyšší bod:	Kančendženga (8 586 m.n.m)
Počet obyvatel:	1 281 935 911 (2017) – 2. na světě
Hustota zalidnění:	361 ob/km <sup>2</sup>
Státní zřízení:	federativní parlamentní republika
HDP/obyv:	6 101 USD (2015)

#### 6.3.1.1 Geologický vývoj a morfologie území

Území Indie lze z geologického hlediska rozdělit na 3 základní celky. Dekánskou plošinu, která se rozprostírá ve středu Indie a její poloostrovní části. Himaláj, který ohraničuje území ze severu a Idoganžskou nížinu, která se nachází mezi nimi.

V **Dekánské plošině** jsou hlavně archaické krystalické horniny (zejména žuly a ruly), dále sedimenty (křemence, břidlice, pískovce), které se nazývají také jako gondwamské sedimenty. Skládá se v podstatě ze dvou ker, které vznikly v důsledku alpsko-himalájského vrásnění. Nachází se zde pohoří Vindhja, Kaimúr, Aráválí, Východní a Západní Ghát.



Z názvu **Indoganžská nížina** se dá odvodit, že se nachází v povodí řek Indus a Ganga. Dále jí protéká řeka Brahmaputra a je ohraničena ze severu pohořím Himaláj a z jihu Dekánskou plošinou. Během alpsko-himalájského vrásnění vznikla himalájská předhlubeň, která se postupně zaplňovala a dala vzniknout této nížině. Z velké části je tedy tvořena sedimenty jako jsou písky, hlíny a nachází se zde i vápnité konkrece, což jsou útvary většinou kulovitého či vejcovitého tvaru.

**Himaláj** je nejvyšším pohořím světa a vzniklo během alpsko-himalájského vrásnění. Skládá se ze dvou oblastí – vlastní himalájské a předhimalájské. Himalájská zóna je tvořena především horninami prekambriického stáří (žuly a granodiority). Předhimalájská je tvořena z říčních sedimentů a pískovců. Dále se Himaláj rozděluje na tři pásma. Nejjižnější a nejnižší pásmo Siválik (900-1200 m n. m.), Malý Himaláj (3500-4000 m n. m.), které je široké cca 100 km a pásmo Velký Himaláj, kde se výška pohybuje okolo 6000 m n. m. [28].

### **6.3.1.2 Klimatické podmínky**

Vzhledem k obrovské rozloze se klimatické podmínky dají jen velmi těžko zobecnit. Zatímco na severu je vysokohorské klima, v západní části je suché pouštní a na většině zbylého je potom klima tropické. Největší zastoupení mají tropické střídavě vlhké a vlhké subtropické podnebí. Zjednodušeně by se podnebí Indie dalo rozdělit do tří období – horka, vlhka a zimy. Horké období trvá od března do června a provází ho sucho a prašnost. Teploty stoupají dokonce nad 40 °C. Vlhké období přichází v červnu a trvá do září a na jihu ještě déle. Součástí tohoto období jsou monzuny, které v červenci zasahují celé území Indie.

Monzuny se projevují mohutnými, vydatnými dešti a snížením teplot. V září pak pomalu přichází sušší a klidnější podzim. Od října do března nastává chladné období, kdy je vzduch čistý a osvěžující. Zimy jsou mírné a celkem teplé, v horských oblastech teplota klesá i pod 0 °C a padá sníh (v některých oblastech Himalájí se sníh drží celoročně).

### **6.3.1.3 Ekonomická a politická situace**

V roce 2015 nabralo tempo růstu indické ekonomiky vyšší dynamiku, než dosahoval hospodářský růst Číny. Indie se tedy stala nejrychleji rostoucí velkou ekonomikou. Tuto pozici by neměla ztratit ani přes to, že vláda stáhla v roce 2016 z oběhu dočasně bankovky s nejvyšší nominální hodnotou 1000 a 500 INR a zajistila nový a bezpečnější typ bankovek (500, 2000 INR).



Jedná se o tzv. demonetizaci (stažení platidla z oběhu), což mělo krátkodobě negativní vliv na ekonomiku v Indii.

Nejdůležitějším pilířem indické ekonomiky jsou především služby, vláda se však snaží lákat zahraniční investice do výroby, zlepšování podnikatelské sféry v zemi a zvyšování podílu průmyslu na tvorbě HDP.

Významnou vládní reformou je také zavedení nové daně k 1.7.2017, která vytvořila jednotný trh, který byl rozříznutý v důsledku různých sazeb a pravidel výběru nepřímých daní v jednotlivých státech [29].

Velký význam pro ekonomiku v Indii měl nástup předsedy vlády N. Modiho v květnu 2014 díky němuž vzrostla podnikatelská a investorská důvěra co se týče dalšího vývoje země. Za jeho působení do Indie taktéž přitekly výrazně vyšší objemy přímých zahraničních investic.

Z politického hlediska je Indie nezávislý stát federativního typu s poměrně širokými pravomocemi jednotlivých států. Je založen na principu parlamentní demokracie s pluralitním systémem politických stran a na nezávislé soudní moci. Politický systém je svobodný a relativně funkční, avšak potýká se také s klientelismem a korupcí. V čele státu je prezident, který je volen oběma komorami Parlamentu. Parlament se skládá z Poslanecké sněmovny a Rady států. V každém státu je vrcholným politickým orgánem Zákonodárné shromáždění, které schvaluje ministry států a hlavního ministra [30].

### 6.3.2 Tunel Rohtang

Jedná se o silniční tunel pod průsmykem Rohtang, přes který vede silnice Manali-Leh, ve státě Himachal Pradesh. Tunel se nachází ve výšce přes 3000 m n. m. Tento 8,8 km dlouhý tunel je jedním z nejdelších silničních tunelů na světě v této nadmořské výšce a je stále ve výstavbě. V říjnu 2017 došlo k prorážce tunelu ve staničení 5000 m od jižního portálu.



Obr. 20 – Rohtang tunel – jižní portál; zdroj: vlastní



### **6.3.2.1 Průsmyk Rohtang**

Nachází se v Himalájích na území státu Himachal Pradesh a jde o vysokohorský průsmyk ležící ve výšce 3 978 m n. m. Je vzdálen cca 51 km od města Manali a spojuje údolí Kullu s údolím Lahaul a Spiti. Jedná se o pomyslnou hranici mezi jižní hindskou kulturou a budhistickou kulturou na severu.

Průsmyk bývá zpřístupněn od května do listopadu kvůli nepříznivým podmínkám na vrcholu (sněhové bouře), což se má změnit právě díky tunelu, který se razí přímo pod tímto průsmykem. Po otevření by měla být cesta na sever přístupná po celý rok, avšak pod diktátem indické armády, která celý tento projekt zaštiťuje. Vláda vydává zpoplatněná povolení ke vjezdu vozidel přes tuto oblast z hlediska prevence znečištění ovzduší.

Co se týče klimatických podmínek platí zde již zmíněné horské podnebí, které se vyznačuje příjemnými teplotami kolem 20 °C od května do září, ale mnohem nepříznivějšími v zimních měsících (prosinec-březen), kdy je zde trvale sníh a teplota může klesá pod bod mrazu.

Z geologického hlediska leží v centrální krystalické zóně, což je hlavní tektonický prvek Himalájí. Nachází se zde horniny jako křemenec, rula, fylit obvykle doplněné slídou.

### **6.3.2.2 Popis a účel stavby**

Délka silničního tunelu s jednou dvoupruhovou troubou s protisměrným provozem je 8,8 km. Tunel se nachází ve výšce přes 3000 m n. m. a výška nadloží dosahuje v maximu necelých 2 km. Tunel je stavěn za účelem celoročního dopravního propojení údolí Kullu s údolím Spiti a dále do Lehu. Projekt je pod záštitou armádní organizace BRO – Border Roads Organisation.

Investor: BRO (Border Road of Organization)

Zhotovitel: Sdružení SAJV (Strabag-Afcon JV)

Projektant: SMEC (australská společnost)

Inženýr: Sdružení D2-ICT JV (rakousko-indické sdružení)

Výstavba: 6/2010 – předpokládaný konec - zač. r. 2020



Obr. 21 – Rohtang tunel - severní portál; zdroj: vlastní

Ražby tunelu jsou prováděny metodou Drill and Blast s aplikací filozofie NRTM z obou stran, tedy z jižního a severního portálu.

Za začátku probíhala stavba na **jižním portále** vcelku hladce podle plánu až na drobné průsaky vody a zanedbatelné poruchy bylo vše pod kontrolou zhotovitele. Avšak když ražba po určité vzdálenosti (zhruba ve staničení 1900 m) narazila na nepříznivé podmínky ve formě smykové zóny skládající se z jíílů s menšími obdélníkovými úlomky krystalické břidlice, nasycených vodou, začaly výraznější komplikace. Již tehdy byl zaznamenán přítok vody 2-2,5 l/s, což naznačuje, že na začátku roku 2012 byl z těchto důvodů horninový stav označen jako „velmi špatný“. Proto byla se souhlasem všech účastníků stavby změněn návrh konstrukce primárního ostění. Dokonce to došlo až tak daleko, že byla v určitém úseku pozorována velká deformace instalované obezdívky, takže během 24 hodin se objevily výrazné trhliny ve stříkaném betonu primárního ostění. Deformace samotného primárního ostění také vzrostly, proto musela být přijata okamžitá nezbytná opatření k zabránění kolapsu dočasné konstrukce tunelu. Komplikace pokračovaly i nadále, když se při probíhající ražbě horninový stav změnil z horniny vysoké pevnosti na horninu téměř rozloženou až zeminu.–Tudíž předvídané hodnoty se zásadně změnily.





K tomu všemu se přidal v dubnu 2012 silný přítok vody s počátečním přítokem kolem 5 l/s, který se během několika dní zvýšil na 30 l/s. To mělo za následek vyplavení materiálu. Celá tato poruchová zóna byla nazvána jako „Seri Nala Fault Zone“, což je spojeno s řekou Seri Nala, která protéká podél tunelu a severně od Manali se vlévá do řeky Beas. Později ale bylo zjištěno, že tento problém není spojen pouze s řekou Seri Nala, ale taktéž s tektonickou zónou křížící se s trasou tunelu. Pro zajištění dostatečného odvodnění a samotného vystrojení tunelu bylo použito několik různých opatření, takže se posléze podařilo tunel stabilizovat. Nicméně ražba tunelu v délce 406 m trvala více než 3 a půl roku a výrazně tak oddálila dokončení silničního tunelu. Místy, hlavně v závěrečném úseku Seri Nala Fault Zone (staničení okolo 2400 m), přítok vody do tunelu překročil dokonce hodnotu 100 l/s. Tato poruchová zóna v části kaloty byla konečně překonána na začátku roku 2016 (3.1. 2016).

Ražba ze **severního portálu** probíhala v rozdílných klimatických i geotechnických podmínkách, což souvisí jednak s nepatrně vyšší nadmořskou výškou, ale především s drsnějším podnebím v údolí Lahaul a Spiti. Stavba probíhala převážně v pevných skalních horninách, což byl úplně opačný extrém. Horninovým masiv byl ze severního portálu převážně klasifikován jako dobrý až mírně nepříznivý. Skalní útvar tvoří vysoce kvalitní metamorfní migmatit (přeměněná hornina složená z granitové a rulové složky). Průměrný měsíční postup ražby se v této části stavby pohyboval kolem 110 m. Především díky vysokému nadloží nad tunelem byla zde ražba výrazně ovlivněna vysokým napětím horninového masivu doprovázené častými odprisky (zvukový doprovod odštipování skalních hornin pod vysokým napětím do volného prostoru) a budovaná obezdívka neboli konstrukce primárního ostění byla vystavena nadměrným tlakům okolní horniny, což se často projevovalo ve vyšším deformačním chování na konstrukci.

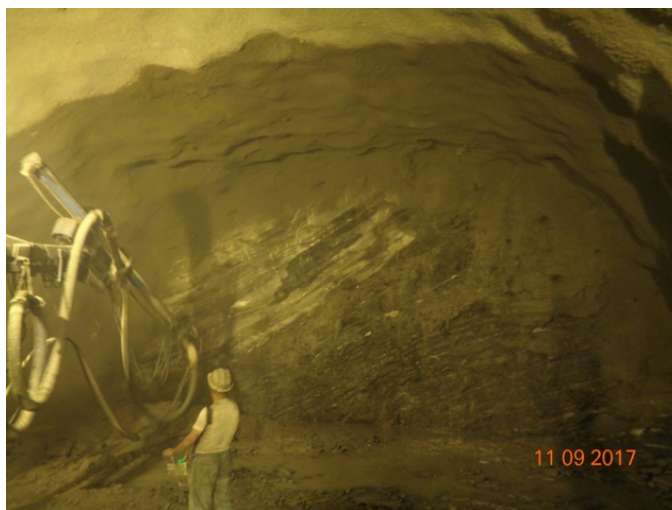
Důležitým mezníkem projektu byl říjen 2017, kdy došlo k prorážce a oba portály se úspěšně setkaly s minimální odchylkou.

### **6.3.2.3 Použité technologie**

Zde je třeba zdůraznit, že jde o výstavbu tunelu metodou Drill & Blast, která byla zmíněna při popisu výstavby podzemních staveb v evropských severských zemích. Ovšem i zde jsou aplikovány základní zásady a principy NRTM a použitá technologie je téměř shodná s tou, která byla použita na tunelu Lochkov a popisovaných tunelech v Číně.

Již z hlediska polohy této stavby je jasné, že je prakticky nemožné použít například metodu TBM za použití razících strojů, z důvodu vysokého nadloží a délky tunelu. Je zde totiž riziko, že by zhotovitel ražeb mohl narazit na takové odlišnosti oproti předběžnému průzkumu, že by razící stroj mohl zastihnout výrazně odlišné geotechnické prostředí s nemožností dalšího postupu. TBM je totiž vždy vyprojektován na konkrétní projektované podmínky s nepatrnými změnami. Fakticky nemůže být nasazen na tunelové stavbě, kde se razí v různorodém prostředí od velmi pevných skalních hornin po téměř zeminové geologické podmínky, protože by pak mohl uvíznout. Na projektu v Himalájích, kde je nadloží ve většině trasy vyšší než 1,5 km, by nebylo možné stroj vyprostit. U staveb v ČR i ve světě s nadložím do 100 metrů se případně vyhloubí jáma z povrchu a stroj se pak může vyprostit.

Následuje několik fotografií z postupu ražeb pořízených v popisovaném silničním tunelu (Obr. 22 až 35).



Obr. 22 – Strojní střikání při ražbě kaloty; zdroj: vlastní



Obr. 23 – Strojní stříkání při razbě kaloty; zdroj: vlastní



Obr. 24 – Strojní vrtání čelby kaloty na odpal; zdroj: vlastní



Obr. 25 – Strojní vrtání pro odpal v jádře; zdroj: vlastní



#### **6.3.2.4 Supervize na stavbě**

Supervize popisovaného projektu je prováděna rakouskou společností D2 Consult International ve sdružení s indickou společností ICT.

##### **Náplň činnosti supervize**

Povinnosti a náplň práce se shoduje s předchozími stavbami, jelikož i zde jde o stavbu dle zásad NRTM, i když jde o nepatrně odlišnou metodu výstavby.

Jako v předchozích případech supervizor provádí kontrolu kvality a bezpečnosti při výstavbě a denně informuje zhotovitele o správném způsobu provádění konkrétních činností.

Důležité je k této konkrétní stavbě říci, že zde selhává role projektanta, jehož úlohou je stavbu nejen navrhnout, ale v průběhu stavby reagovat na aktuální stav a v případě závažných změn tyto změny zakreslit do technické dokumentace, aby zhotovitel měl podklady a jednoduše řečeno „návod“ na to, jak dále postupovat. To ale na popisovaném projektu nefunguje a tuto roli přebírají zástupci zahraniční supervize, kteří jsou nuceni nenadálé situace řešit přímo se zhotovitelem na stavbě. Když se naskytne nějaký problém, který zhotovitel nedokáže vyřešit dle aktuální dokumentace, což se stává v reálu poměrně často, tak je osloven supervizor, který (pokud s tím má zkušenosti) vysvětlí a případně i naskicuje řešení daného problému. S tím souvisí i fakt, že zaměstnanci zhotovitele jsou spíše nezkušení či méně zkušení odborníci a vše se jim musí podrobně vysvětlovat, jelikož se s takovouto stavbou nikdy nesetkali. Jedná se hlavně o pracovní sílu, která bývá najatá z okolí stavby, ale také o vyšších pozicích. Mnohdy se stává, že jsou dosazení junior manažeři, kteří jsou čerstvě vystudovaní a nemají téměř žádnou praxi.

Výše zmiňované skutečnosti pak vytváří méně příznivé okolnosti na straně supervize, a to že supervizor má mnohem větší pravomoci, ale bohužel i zodpovědnost. Dá se říci, že v případě nedostatečné reakce od projektanta zástupci supervize řídí celou stavbu.



Aby nedocházelo k mylným domněnkám. Projektant jako pozice uvedená ve smluvních podmínkách funguje, ovšem ne tak jak by měl. Setkáváme se tu pouze s neochotou spolupracovat a vyjít vstříc z pohledu pár jednotlivých zástupců projektanta přímo na stavbě. Vše je ještě umocněno tím, že tato tunelová konstrukce jako dílo je první podzemní stavbou řízenou tímto Indickým investorem, takže tento subjekt nemá potřebné zkušenosti s vedením tunelového projektu s extrémně komplikovanými geotechnickými podmínkami.

### **Zásadní nedostatky a chyby při výstavbě:**

- špatná spolupráce s projektantem,
- nedostatečná kvalita zadávací dokumentace,
- nedostatečná připravenost stavby,
- nedostačující předběžný průzkum,
- nezkušená pracovní síla na straně zhotovitele,
- nulová zkušenost zadavatele se stavbou tohoto typu.

## 7 SROVNÁNÍ VYBRANÝCH STAVEB Z POHLEDU SUPERVIZE

Kapitola je zaměřena na rozdílnosti realizace staveb v ČR a v zahraničí díky informacím získaných z průběhu činnosti supervizora na konkrétních stavbách. Je patrné, že jde o tři velice rozdílné lokality ať už z hlediska geologického, ekonomického nebo také kulturního.

### 7.1 Porovnání ČR s Čínou

Pracovní zkušenosti z ČR a z Číny se velmi liší nejen podmínkami danými lokalitou, ale i rozsahem a přístupem ke stavbě. Vysokorychlostní železnice (nad 200 km/h) se v českých podmínkách prozatím nestaví a v Číně již mají rozsáhlou síť vysokorychlostních železnic (přes 20.000 km). Takže z hlediska velikosti zakázek je jednoznačné, že se prostředí ČR nemůže Číně rovnat. Už z tohoto důvodu je velice prospěšné, že se na takovouto stavbu a významnou pozici dostane český inženýr.



Obr. 26 – Fotografie ze stavby v Číně; zdroj: vlastní



### **7.1.1 Geologické podmínky**

Na stavbě tunelu Lochkov nedocházelo k nijak zvlášť velkým problémům, vše, na co se narazilo, bylo ihned vyřešeno. Podobně to bylo také na čínské stavbě, když se něco složitějšího objevilo, tak to i s přispěním supervize neprodleně vyřešili. Ražba probíhala relativně klidně, žádné zásadní problémy stavbu nekomplikovaly. Vyskytlo se pár drobných problémů z důvodu stavby v krasovém území, ale většinou to byla otázka týdne až dvou. Vše šlo poměrně hladce.

### **7.1.2 Klimatické podmínky a ekonomická situace**

Největším klimatickým rozdílem je, že každá stavba byla stavěna v jiném podnebném pásu, avšak ani na jeden projekt to nemělo nijak zvlášť podstatný vliv. Stavby nebyly nijak omezeny ani zasaženy místním klimatem.

Stavba tunelu Lochkov investována ze státních zdrojů nebyla nijak ovlivněna ekonomickou situací v zemi a tehdejší nástup ekonomické krize neměla velký vliv na její dostavbu. V Číně se jednalo o státní zakázku. V takovýchto případech není též problém se dostat k potřebným finančním prostředkům (případně i vícenákladům) a projekt je zcela podporován státní aparaturou.

### **7.1.3 Stavební podmínky**

V ČR se přístup na stavbu a vše okolo stavby řeší před zahájením projektu na vysoké úrovni. Jsou nastavené podrobné podmínky již při zadávání a v průběhu výstavby se podle nich řídí všechny dotčené strany. Dá se říci, že toto řešení je v Česku nejlepší. To je ovšem také dáno převzetím zkušeností ze sousedních zemí v zahraničí.

Obecně lze konstatovat, že v Číně není naopak nic neřešitelným problémem. Ač si nedávají moc záležet na kvalitě a na bezpečnosti, vykompenzuje se to tím, že udělají vše, co je třeba a většinou v daném termínu. Z velkých čínských projektů současnosti je zřejmé, co vše jsou schopni postavit. Ale bohužel, je také známo, jak to občas dopadne ohledně požadované kvality. Není mimořádným faktem, když se tu a tam nějaká ta konstrukce na území ČLR zborší.

### **7.1.4 Pracovní morálka**

Co se týče pracovní morálky, dá se říci, že je situace velmi obdobná. To je nejspíše dáno režimem, který zde dříve vládl. Pracovní síly v ČR jsou pracovitě a schopné. Velkým plusem je také lidskost, která je velmi ceněná. Reakce na problémy na české stavbě probíhaly ihned.



Zkušenosti ze staveb v ČR jsou celkově příznivé. Pokud se narazilo na technický problém, tak se řešil hned na stavbě v rámci všech důležitých účastníků projektant/zhotovitel/supervize. V Evropě je to běžná praxe. Což je hodně dáno i tím, že Česko zvyklosti a zkušenosti hodně přebralo od zahraničních firem a největší české firmy jsou součástí mezinárodních koncernů.

V Číně je morálka na stavbě dána velkou měrou přísným politickým režimem. Co nařídí strana a vláda, to se musí udělat. Pro čínské pracovní pracovníky není nic překážkou. S poslušností na stavbě tedy není žádný problém. Obrovskou výhodou je skutečnost, že je Čína nejlidnatějším státem, tudíž nemá problém s pracovní silou. Běžně to chodí tak, že si najmou například farmáře přímo z okolí stavby a nařídí jim, ať jdou pracovat do tunelu. Oni poslechnou a udělají vše, co se jim řekne. Problém je spíš s tím, že většinu konstrukcí udělají jen napůl a na oko tedy tak, aby to vypadalo hezky pouze na povrchu. S tím pak úzce souvisí náročnější údržba komplikovaných provozovaných konstrukcí, jako jsou samozřejmě tunely. Na to už ovšem ve většině případech čínský investor až zas tak nemyslí.

#### **7.1.5 Bezpečnost na stavbě**

V ČR s dodržováním BOZP problém není, naopak z popisovaných tří staveb ji zde pracovníci dodržovali nejlépe. Je to dáno tím, že české firmy mající velké zkušenosti z oboru podzemního stavitelství dovedly bezpečnost na vcelku vysokou úroveň. Například Hochtief měl svůj tým, který BOZP na stavbě přímo implementoval a interně dozoroval.

Na čínské stavbě bylo naopak na kontrolu vše většinou připravené, aby zhotovitelé neplatili pokuty. Ovšem co se týče samotné bezpečnosti při výstavbě, čínský projekt je v tomto ohledu na tom absolutně nejhůře. Pracovní ochranné pomůcky měli sice ve většině případů dostupné, ale buďto zhotovitel neměl dostatečný počet nebo byly připraveny v kancelářích vedoucích manažerů pro případ nahlášené kontroly. Jedním z důvodů byla ta skutečnost, že OOPP byly velmi nákladné pro velmi široký tým prostých dělníků na každé stavbě. Ne zřídka kdy se stávalo, že čínští dělníci v tunelu nepoužívali pracovní obuv, pracovní oblek, pracovní přilbu měli odloženou někde v povzdálí a zádržný systém pro práci ve výškách dělníci nepoužívali, dokud supervize nezajistila alespoň částečné použití. To je jen zlomek z výčtu porušování zásadních zásad BOZP na čínském tunelu.





### 7.1.6 Supervize

V ČR má supervizor takové podmínky, jaké určí smlouva a všichni to respektují. Jakmile je na stavbě problém, řeší to zhotovitel, supervizor a projektant dohromady a všichni účastníci se snaží najít to nejvhodnější řešení. Supervizor v Česku plní kontrolní a poradenskou roli a podle toho k němu ostatní přistupují. Co se týče práce supervizora, u popisované stavby se tato činnost provádí velmi důkladně, jelikož se jedná o jeden tunel.

V Číně šlo o sdružení supervizorů německé a čínské firmy. Tým zahraniční supervize měl na starosti více tunelů, a proto jde obtížněji srovnávat náplň práce s českou stavbou. Zahraniční supervizor v ČLR byla role dosazená vládou. Vláda odsouhlasila, že na všech stavbách vysokorychlostní železnice musí být tato pozice zastoupena zahraničními experty. To ale bohužel znamenalo, že na stavbě byli zahraniční supervizoři nechtění dokonce místními supervizory ze strany sdružení, kterým byla zahraniční část supervize nadřazená. Pro místní zhotovitele byli mimo jiné „trnem v oku“. Mnoho věcí bylo tajemstvím, většinu informací se dozvídali s velkým zpožděním a s projektantem se nedostali prakticky do kontaktu.

Z toho lze vyvodit, že skutečnost, že mnoho informací nebylo přístupný odborníkům ze zahraničí, obecně souvisí s jednostranným přístupem Číny k obchodním, ale i politickým záležitostem. Je známo, že bez obav okopírují pracovní postup, ale zpětně předávání zkušeností jiným partnerům většinou nefunguje. To znamená, že si v Číně nasmlouvají zahraniční supervizi, od které čerpají nové informace a zkušenosti, která nastaví používání zásad NRTM a v průběhu výstavby se může stát, že tyto odborníky již prakticky nepotřebují a mohou se stát nechtěnými. Dle studia materiálů z vysokorychlostních projektů v ČLR si lze utvořit dojem, že může nastat i paradoxní situace, že regionální struktury si nasmlouvají jen potřebný počet zahraničních pracovníků, aby splnili vládní nařízení, ovšem podpora jejich činnosti je pak mizivá.

Další nezanedbatelný rozdíl lze zaznamenat v principu a přístupu supervize jednotlivých posuzovaných staveb. Na čínském vysokorychlostním projektu nelze hovořit o stejné roli supervizora jako při stavbě pouze jednoho tunelu jako tomu bylo v případě projektu v ČR a Indii. Kontrola samotná neprobíhala tak hloubkově, ale spíše povrchně s důrazem na nejdůležitější technologické postupy včetně implementace zásadních principů NRTM při ražbě. Supervizoři zde plnili hlavně roli kontrolní a ne funkční, změnovou apod., jak je tomu v případech tunelových staveb v ČR.

## 7.2 Porovnání ČR s Indii

Srovnání těchto zemí je vcelku výzvou, protože i když je Čína také asijským státem, nejedná se o takový rozdíl jako ČR versus Indie. Tyto dvě lokality se liší nejen svou nadmořskou výškou, přírodními a klimatickými podmínkami, ale také jsou ovlivněny místní kulturou, která je diametrálně odlišná od té naší.



Obr. 27 – Fotografie z jižního portálu tunelu Rohtang; zdroj: vlastní



### 7.2.1 Geologické podmínky

Jak již bylo uvedeno, na českém projektu se žádné zásadní problémy ohledně geologických podmínek nevyskytly. Avšak na tom Indickém jde o velice nepředvídatelné prostředí. Již to, že vzdálenost obou portálů je skoro 9 km a nadloží se blíží k 2000 m. Jedná se o obrovský rozdíl oproti stavbám v ČR. To vše také souvisí s tím, že na jižním a severním portálu se v Himalájích razilo v rozdílných klimatických podmínkách.

Poruchová zóna na jižním portále byla predikovaná, ale predikce z průzkumné fáze nenasvědčovaly, že by podmínky měly být až tak složité. Pravděpodobně i díky omezeným z průzkumu, který v takto vysokých horách nejde udělat zcela podrobně a podmínky byly skutečně v takto náročném terénu omezené. Z tohoto důvodu stavba nebyla připravená na tak extrémně náročné geotechnické poměry. Tunel měl být dokončen v únoru 2015 a bude s největší pravděpodobností dokončen až v první polovině roku 2020. Stavba započala v roce 2010, což znamená, že délka výstavby se prakticky zdvojnásobí. Pro zajímavost lze uvést skutečnost, že v kritickém úseku kaloty se vyrazilo něco málo přes 400 m za necelé 4 roky (2012-15), což se samozřejmě negativně promítlo do výsledného zpoždění. Pro porovnání, následující rok 2016 se vyrazilo z toho samého portálu v daleko příznivějších geotechnických podmínkách téměř 1250 m za jediný rok.

Tato situace dokazuje velkou důležitost geotechnického průzkumu a nastavení stavebních a smluvních podmínek před stavbou. Prorážka tunelu v části kaloty proběhla v říjnu 2017. Stále je zde však riziko, že se extrémně složitá poruchová zóna nějakým způsobem negativně projeví při ražbě jádra a spodní klenby v roce 2018.

### 7.2.2 Klimatické podmínky

Dle osobních zkušeností lze soudit, že klima je teplotně v Himalájích podobné jako v ČR. Je to dáno především vyšší nadmořskou výškou, díky které jsou zde přes léto teploty mezi 20 a 30 °C (samozřejmě jiné podmínky jsou ve 2000 m n.m. a jiné ve 4000 m n.m.). Rozdíl je spíše ve vlhkosti vzduchu, která je přes letní měsíce až okolo 90 %. To je způsobené příchodem monzunů hlavně v červenci, které se vyznačují přívalovými dešti. V tomto období se pod vlivem těchto srážek stává, že je půda značně podmáčená a dochází k sesuvům půdy, což má také zásadní vliv na výstavbu.



V zimních měsících byl ovlivněn hlavně severní portál, který se nachází ve vyšší nadmořské výšce, ovšem především v drsnější klimatické krajině a dokud nebyl tunel proražen, byl přístup během tohoto období uzavřen. To vše také výrazně ovlivnilo postup výstavby. Samozřejmě v ČR se nedá setkat se situací, aby každý portál ležel v jiných klimatických podmínkách.

### **7.2.3 Ekonomická situace**

Ač je v obou zemích ekonomická situace značně odlišná, ani v Indii to nemělo nijak zásadní nepříznivý vliv, jelikož se jedná o mezinárodní projekt podporovaný centrální vládou. Když je stavba podporovaná a garantována státem v tamních podmínkách, není obtížné sehnat finanční zajištění, ovšem tento fakt nelze porovnávat s životní úrovní zkoumaných zemí.

### **7.2.4 Stavební podmínky**

Stejně jako u nás, v Indii je demokracie, což je obrovský rozdíl oproti ČLR. Smluvní podmínky jsou nastaveny otevřeně, nedochází k zatajování informací jako například v již zmíněné Číně. Problém je zde ale také. Jde o první tunel řízený tímto klientem. Z toho důvodu je znát, že smlouva nebyla nastavena podle celosvětových zkušeností a dnes běžných evropských pravidel. V současnosti bývá ve smlouvě zahrnuta řada sdílených rizik, provádí se před stavbou předběžný detailní průzkum, poté dojde na precizně připravenou přípravu ze strany investora, či zpracování zadávacích podmínek pro všechny účastníky stavby. Na této stavbě vše proběhlo, ale nedokonale, protože jde o klientovu první tunelovou stavbu a dnes se jednotliví účastníci setkávají na stavbě se záležitostmi, které měly být a nebyly vyřešené již před samotnou soutěží na zhotovitele. Na schůzkách se často řeší i takové banality, jak mají zástupci zhotovitele přijet na stavbu, jak mají dopravit beton na určené místo dané konstrukce a celkově základní věci, které by měl řešit zhotovitel podle projektové dokumentace, ale nakonec je musí občas řešit z různých důvodů supervize.

V ČR se řídí projekty již několik let dle podmínek FIDIC. V Indii jsou také aplikovány tytéž mezinárodní podmínky, avšak když projekt řídí nezkušený klient, který nedovede tyto podmínky správně použít, tak z toho může vyplynout mnoho problémů. Ovšem je třeba poznamenat, že na jiných infrastrukturních projektech a u jiných klientů v Indii jde o zcela běžnou praxi a staví podle nich již delší dobu. Na tomto projektu se bohužel doplácí na to, že je tento strategický armádní projekt prvním tunelovým dílem investora.



Další nezanedbatelnou příčinu komplikovaných podmínek výstavby můžeme považovat, že jak při zpracování zadávacích podmínek, tak při zahájení stavby tento investor nedisponoval žádnou zkušenou odbornou mezinárodní organizací, která by zabránila nováčkovským chybám při jejich zárodku (nezávislá supervize byla zajištěna s cca 16měsíčním zpožděním od zahájení stavby).

### **7.2.5 Pracovní morálka**

Oproti české morálce jsou zde razantní rozdíly v přístupu, které jsou v zásadě dané povahou indických obyvatel. Na vše mají mnoho času, prakticky vše slíbí, ale splní to třeba jen na 50 %. Dá se říci, že odkývají i největší nesmysl jen aby si nezkomplikovali svůj vztah se svým nadřízeným či obchodním partnerem.

Když jsou indiští pracovníci dobře vedení, tak odvádějí vcelku dobrou práci. Když funkci manažera na tunelu zastával pracovník německé národnosti a posádka byla indicko-nepálská, tak vše fungovalo. Pod indickým manažerem vše vcelku také funguje, ale je problém s plánováním. Dle zkušeností českých Inženýrů, Indiští pracovníci jsou zvyklí některé věci dělat nahodile, nepřemýšlí moc dopředu a neumí si efektivně rozvrhnout a organizovat práci.

Ve spojitosti s demokratickým systémem je také dobré zmínit, že i když je zde také velké množství obyvatel jako v Číně, fungují zde silné odbory, které je zastupují. Zástupci odborářů často zpomalují probíhající práci. Hájí pracovní síly například tím, že pracovní podmínky jsou moc náročné či mzdové prostředky jsou nízké. V době vyjednávání odborářů s manažery zhotovitele je pak ze strany pracovníků vyhlášena třeba i týdenní stávka. Jsou neústupní, dokud se zhotovitel s lídry odborářů nedohodne na zlepšení podmínek. Zpravidla se jedná o otázku ubytování, dále finanční podmínky pracovníků (nejčastější – zvyšování mzdy), případně se jedná mezi oběma stranami ohledně zlepšení pracovních podmínek v tunelu. Odboráři tak v Indii velkou vahou ovlivňují konkrétní situaci a nastavení podmínek na pracovišti.

### **7.2.6 Bezpečnost na stavbě**

Oproti ČR mají také problém se základními věcmi, jako je nenošení ochranných přileb v tunelu, ale nejedná se o tak zásadní porušování BOZP, jako bylo popisováno na čínském projektu. Velkou roli v Himalájích hraje i to, že jde o mezinárodní sdružení a Strabag má na průběh dodržování bezpečnosti významný vliv. Obecně lze konstatovat, že principy BOZP na silničním tunelu v Indii dodržují, zástupci supervize zde na to přísně dohlíží.



### 7.2.7 Supervize

Optimální situací je, když se zhotovitel řídí dle dostatečné—projektové dokumentace, má správné výkresy a supervizor kontroluje kvalitu a správnost provádění, čas a finanční záležitosti. V ČR jde v tomto případě o běžnou praxi.

Avšak v případě, že projektant neprovádí práci tak, jak má, což na stavbě v severní Indii tak je, pak supervizor musí instruovat zhotovitele, jak jednotlivé činnosti – pracovní postupy správně vykonat. Když zhotovitel zjistí rozpor mezi projektovou dokumentací a aktuálním stavem v tunelu a usoudí, že to podle nich nelze provést, tak se obrátí na supervizi o určení dalšího postupu.

Na českém projektu to fungovalo tak, že se v tomto případě neprodleně sjednala společná schůzka mezi projektantem, zhotovitelem a supervizorem a ihned na místě bylo odsouhlaseno optimální řešení, které se ihned zapracovalo do aktualizované dokumentace.

Taková spolupráce na popisovaném indickém tunelu nefunguje v plném režimu, jelikož projektant zmíněnou roli odmítá. Tato úloha ve velké míře připadá na supervizory. Pomocí zápisů do stavebního deníku, případně schematickými náčrtů pro zhotovitele, zajišťují neprodleně na místě to, co by měl stvrdit svým podpisem autor projektu čili projektant a s tím souvisí i velká vytíženost zástupců supervize. Supervize zde fakticky ve velkém měřítku řídí stavbu a zajišťuje chybějící nevyprojektované postupy při nepředpokládaných změnách komplikované konstrukce, což by tak být nemělo. Z toho plyne, že náplň činnosti supervize na indickém projektu je zajišťovat prakticky vše, i práce projektanta a většina zodpovědnosti posléze díky tomuto přístupu a tlaku investora padá na supervizory.

Je ale důležité zmínit, že nejde o chybu v systému. Problém je přístup hlavního projektanta jako osoby. Nedá se tedy vyvozovat, že je něco systémově špatně. Podmínky jsou nastaveny s největší pravděpodobností správně nebo adekvátně. Ovšem díky přístupu projektanta a taktéž díky určité toleranci od zástupců investora dochází ke komplikacím v práci supervizora, jinak by byla role supervizora v podstatě totožná jako na stavbě v Čechách.

Dalším problémem stavby samotné je skutečnost, že spolupráce na straně sdružení zhotovitele (mezi indickým a rakouským partnerem) nefunguje tak, jak by měla.



Rakouští kolegové totiž vesměs nesdílejí své zkušenosti, nechtějí se dělit o svoje know-how, což jde ruku v ruce s tím, že jejich indiští partneři nejsou schopni plně porozumět některým principům konvenčního tunelování v tak složitých geotechnických podmínkách.

### **7.2.8 Společenské uspořádání**

Česká republika s Indií se velice liší v pojetí své společnosti. V Indii do nedávné doby fungoval kastovní systém, který indickou společnost nadále významně ovlivňuje na všech úrovních, i když je oficiálně zakázaný vládou a jejich systém se jej snaží odstranit. Dle mých postřehů je na stavbě stále znát, že lidé jsou dosazováni do některých pozic podle společenských vrstev. To znamená, že i nejchytřejší člověk ze spodní kasty se jen těžko může dostat na vyšší funkci, třeba projektového manažera. Takže se může stát, že takovouto pozici vykonává člověk, který není tak vzdělaný či zkušený, ale protože je z vyšší kasty, tak na takovou pozici může být dosazen. Díky mé nedlouhé osobní zkušenosti (necelé 3 měsíce pobytu v Indii) s Indickou kulturou si dovoluji závěrem této kapitoly poznamenat, že i takový přístup převzatý z nedávné historie této obrovské země může významně ovlivnit strukturu dosazování manažerských rolí na jakémkoliv strategickém projektu nebo samozřejmě i na významném postu v některých politických funkcích.



## 8 ZÁVĚR

Diplomová práce vychází jak z analýzy odborné literatury, zkoumání podmínek daných lokalit, tak i z poznatků z praxe stavebního dozoru na vytipovaných stavbách.

Z hlediska kvality stavebních prací a míry dodržování podmínek bezpečnosti práce lze jednoznačně konstatovat, že analyzovaný projekt v České republice je ze všech tří zkoumaných projektů na nejvyšší úrovni. V ČR se úspěšně implementovaly principy z Evropy, což výrazně ovlivnila i skutečnost, že velké stavební firmy jsou částečně vlastněny zahraničními firmami. Osvojení těchto principů je vzhledem k této skutečnosti přirozené a kvalita je na vysoké úrovni. Velmi dobrá je také komunikace mezi účastníky, kteří jsou ve stavebním procesu zapojeni.

Čeští supervizoři jsou ve světovém měřítku považováni za odborníky a jejich služby jsou odpovídajícím způsobem vyhledávány. Důkazem toho jsou stále přibývající zakázky v zahraničí českých firem a poptávka po českých inženýrech v zahraničních firmách jako je například rakouská firma D2 Consult International.

Jako nejprínosnější lze pro českého supervizora z účasti na zahraničním projektu označit skutečnost, že si odnese ohromné množství zkušeností ohledně unikátních přírodních i geotechnických podmínek. Obzvláště co se týče zkoumaného projektu v Himalájích, český inženýr má možnost se seznámit s podmínkami, se kterými se v České republice nemůže setkat. Ze všech tří zkoumaných staveb jde o nejnáročnější projekt z důvodu zastižených nepříznivých podmínek při ražbě a nedostatečné práci projektanta. Z negativních zkušeností je nutno se poučit pro budoucí práci a využít tak získané dovednosti. Tyto dovednosti by se daly například využít při stavbě vysokorychlostní železniční trati z Prahy do Mnichova s tunelem Beroun o projektované délce zhruba 25 km a nadloží přibližně 100 m, na kterou byl připraven předběžný projekt. Tento projekt je však již skoro 10 let pozastaven z důvodu nastalé finanční krize. S jistotou lze tvrdit, že u stavby tohoto druhu a rozměru by získané zahraniční zkušenosti měly zásadní přínos.

Nevýhoda, která souvisí s výkonem funkce supervizora je, že pokud selhává některá z rolí na stavbě (například na indické stavbě funkce projektanta), pak se může velké množství pravomocí a zodpovědností přesunout právě na stranu supervizora. Nastalá situace pak souvisí s mnohem vyšší náročností vykonávané práce než v běžných podmínkách, kde vše funguje dle nastavených pravidel.





Z informací načerpaných z dostupných zdrojů a rozhovorů s odborníky přímo na stavbě lze usuzovat, že je role supervizora na stavbě nenahraditelná. I v českých podmínkách, a to i přesto, že je Česká republika na vysoké úrovni z hlediska dodržování kázně a komunikace mezi účastníky stavebního řízení, není v žádném případě na škodu, když je na stavbě přítomen nezávislý dozor, který dohlíží na správné provedení stavby. Příkladem nesprávné činnosti supervize v českých podmínkách je tunel Blanka, kdy dozor na stavbě nefungoval tak, jak by měl, což mělo na stavbu negativní dopad, zejména pokud jde o finanční prostředky. Tomu se s největší pravděpodobností mohlo předejít, pokud by nezávislá supervize fungovala podle stanovených pravidel. Poznatky z praktické části práce analyzované indické stavby jasně poukazují, že kvalitní supervize může včas zabránit případným nedostatkům na stavbě, dokáže předejít mnoha problémům či neplánovanému zastavení stavby, případně ušetřit nemalé finanční prostředky.

Lze tedy jednoznačně doporučit, aby na každé infrastrukturní stavbě většího rozsahu nejen v zahraničí ale i v České republice byl přítomen nezávislý dozor, který předejde případným problémům na stavbě a bude dohlížet na správný průběh stavby dle projektové dokumentace. Tento subjekt má zároveň kladný a motivační vliv i na přístup zhotovitele, který si v přítomnosti supervizora nedovolí to, co by si dovolil, kdyby kontroly stavby probíhaly pouze namátkově, což se na některých stavbách stále praktikuje. Možná by nebylo na škodu se inspirovat v tomto směru Čínou, kde je pozice zahraniční supervize přímo nařízena vládou. Musí být však jasně definovány povinnosti, pravomoci a zodpovědnosti supervizora, které by se měly zanést do smlouvy o zajištění supervize a které by měly být dodržovány.

Ze studia problematiky v oboru podzemního stavitelství provedeného v rámci této diplomové práce si nejen autor ale i případní čtenáři můžou odnést cenné zkušenosti do své budoucí profesní kariéry ve stavebnictví.



## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] Klepsatel, F., Kusý, P., Mařík, L.: Výstavba tunelů ve skalních horninách. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 8088905435
- [2] Kunc, L.: Stabilita podzemního díla během technologie ražení: Doktorská disertační práce. VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky, Brno, 2006.
- [3] Štěpánková, V., 2015. Alfred Nobel a jeho dynamit [online]. Dostupné z: <http://www.lomyatezba.cz/2015/2015-3/item/617-alfred-nobel-a-jeho-dynamit>
- [4] Bernard, R.: Problematika kontrolního sledování na podzemních dílech a vyhodnocování varovných stavů: Doktorská disertační práce. VŠB v Ostravě, Fakulta stavební. Ostrava, 2011.
- [5] Barták, J.: Vývoj technologií ražby tunelů v České republice v posledních desetiletích. Časopis Tunel, 19. ročník, č.2/2010, [online]. Dostupné z: [http://www.ita-aitec.cz/files/tunel/2010/2/tunel\\_02\\_10-69-82.pdf](http://www.ita-aitec.cz/files/tunel/2010/2/tunel_02_10-69-82.pdf) Barták
- [6] Kolektiv autorů: Podzemní stavitelství v České Republice. Praha: Satra, spol. s r.o., 2007. ISBN 978-80-239-8568-9
- [7] Bradáčová, I., Kučera, P.: Tunely – Definice, předpisy, základní požadavky, 2013 [online]. Dostupné z: [https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Prezentace/Tunely\\_definice.pdf](https://fbiweb.vsb.cz/safeteach/images/pdf/Prezentace/Tunely_definice.pdf)
- [8] Rozsypal, A.: Kontrolní sledování a rizika v geotechnice. Bratislava: Jaga group, 2001. ISBN 80-88905-44-3
- [9] Barták, J.: Vývoj podzemního stavitelství v České republice, 2010 [online]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-podzemniho-stavitelstvi-v-ceske-republice/>
- [10] Barták, J.: Podzemní stavby, [online]. Dostupné z: [http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2009/05/provadeni-pz-celek\\_1\\_25.pdf](http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2009/05/provadeni-pz-celek_1_25.pdf)



- [11] Autorský kolektiv: Členové pracovní skupiny ČTuK pro konvenční tunelování: Zásady a principy NRTM jako převažující metody konvenčního tunelování v ČR. Praha: Český tunelářský komitét ITA/AITES, 2006, [online]. Dostupné z: [http://www.itaaites.cz/files/Knihovnicka\\_CzTA/CzTA\\_KonvencniTunelovani.pdf](http://www.itaaites.cz/files/Knihovnicka_CzTA/CzTA_KonvencniTunelovani.pdf)
- [12] Gothard, A.: Tunel Nordfjördur, Island, 2014 [online]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/tunel-nordfjordur-island\\_N5369](https://www.casopisstavebnictvi.cz/tunel-nordfjordur-island_N5369)
- [13] Idnes.cz. Čech staví tunel v Norsku u ledovce. Blanka je srdeční projekt, říká, 2016 [online]. Dostupné z: [https://praha.idnes.cz/pavel-burgel-stavi-tunel-u-ledovce-blanka-stavba-tunelu-pi8-/praha-zpravy.aspx?c=A161105\\_2284177\\_praha-zpravy\\_nub](https://praha.idnes.cz/pavel-burgel-stavi-tunel-u-ledovce-blanka-stavba-tunelu-pi8-/praha-zpravy.aspx?c=A161105_2284177_praha-zpravy_nub)
- [14] MZV.cz. Úspěšná díla Metrostavu na Islandu a v Norsku zvyšují know-how firmy i renomé ČR, 2017[online]. Dostupné z: [http://www.mzv.cz/oslo/cz/obchod\\_a\\_ekonomika/aktualni\\_ekonomicke\\_zpravodajstvi/uspesna\\_dila\\_metrostavu\\_na\\_islandu\\_a\\_v.html](http://www.mzv.cz/oslo/cz/obchod_a_ekonomika/aktualni_ekonomicke_zpravodajstvi/uspesna_dila_metrostavu_na_islandu_a_v.html)
- [15] Pavlovský, V., Soukup, V.: Metrostav úspěšně proniká do Finska, [online]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/metrostav-uspesne-pronika-do-finska/>
- [16] E15.cz.Očima E15: Podívejte se, jak Češi stavějí metro ve Finsku, 2012 [online]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/reality-a-stavebnictvi/ocima-e15-podivejte-se-jak-cesi-staveji-metro-ve-finsku-1332239>
- [17] Novotný, J.: Něco o supervizi – cíle, úkoly, smysl, postupy, [online]. Dostupné z: <https://www.cuni.cz/UK-3390-version1-supervize.pdf>
- [18] Syracuse University. Definition and components of supervision, [online]. Dostupné z: [http://soe.syr.edu/academic/counseling\\_and\\_human\\_services/modules/Preparing\\_for\\_Supervision/definition\\_and\\_components\\_of\\_supervision.aspx](http://soe.syr.edu/academic/counseling_and_human_services/modules/Preparing_for_Supervision/definition_and_components_of_supervision.aspx)
- [19] Austrian Society for Geomechanics: NATM The Austrian Practise of Conventional Tunnelling. Salzburg: Austrian Society for Geomechanics, 2010. ISBN 978-3-200-01989-8 [pdf]
- [20] Dr. Munther M. Saket: The role of the engineer in FIDIC 99, Red Book, [online]. Dostupné z: [http://fidic.org/sites/default/files/saket\\_role\\_engineer\\_cairo\\_jan10.pdf](http://fidic.org/sites/default/files/saket_role_engineer_cairo_jan10.pdf)



- [21] FIDIC org. Role for supervision consultant or construction manager, [online]. Dostupné z: <http://fidic.org/content/role-supervision-consultant-or-construction-manager>
- [22] Stavební zákon (Zákon č.183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu) [online]. Zakonprolidi. [cit. 10.10.2017]. Dostupné z: <https://www.zakonprolidi.cz/cs/2006-183#cast2>
- [23] Zemepis com. Geologická stavba České Republiky, [online]. Dostupné z: <http://www.zemepis.com/geologiecr.php>
- [24] Zprávy aktuálně cz. Nejrychlejší růst za poslední dva roky. Česká ekonomika znovu překvapila analytiku, 2017 [online]. Aktualne. [cit. 6.11.2017]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/nejrychlejsi-rust-za-posledni-dva-roky-hdp/r~64d83670c91411e7a4500cc47ab5f122/>
- [25] Tunel v úseku 514 Lahovice – Slivenec pražského silničního okruhu, 2009 [online]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/tunel-v-useku-514-lahovice-slivenec-prazskeho-silnicniho-okruhu/>
- [26] Geografie Číny. Geologie a nerostné suroviny Číny, [online]. Dostupné z: [http://oldkas.upol.cz/PDF/06\\_Geologie.pdf](http://oldkas.upol.cz/PDF/06_Geologie.pdf)
- [27] Čínská ekonomika poroste rychleji, než se čekalo. Za cenu obrovského zadlužení, které se může vymstít, 2017 [online]. Dostupné z: <http://www.info.cz/svet/cinska-ekonomika-poroste-rychleji-nez-se-cekalo-za-cenu-obrovskeho-zadluzeni-ktere-se-muze-vymstit-14437.html>
- [28] Vraštilová, A.: Geografie Indie výukový projekt pro střední školu, 2015 [online]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/19443/1/VRASTILOVA.pdf>
- [29] Businessinfo cz. Indie: Základní charakteristika teritoria, ekonomický přehled, 2017 [online]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/indie-zakladni-charakteristika-teritoria-18274.html>
- [30] Cundr cz. Indie, Vnitropolitická charakteristika, [online]. Dostupné z: <http://www.cundr.cz/indie/vnitropoliticka-charakteristika/>



## Další zdroje

Tunelovací metody, [online]. Dostupné

z: <http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2009/12/tunelovaci-metody-rezim-kompatibility.pdf>

Metrostav. Výstavba tunelu na silnici 92, [online]. Dostupné

z: <https://www.metrostav.cz/cs/obory-pusobnosti/podzemni-stavby/reference/34-vystavba-tunelu-na-silnici-92>

Náplň práce TDI, [online]. Dostupné z: [http://paak.cepra.cz/files/seminare/seminar-TDI/01\\_2012/02\\_TDI\\_lektorske-materialy.pdf](http://paak.cepra.cz/files/seminare/seminar-TDI/01_2012/02_TDI_lektorske-materialy.pdf)

[http://paak.cepra.cz/files/seminare/seminar-TDI/01\\_2012/02\\_TDI\\_lektorske-materialy.pdf](http://paak.cepra.cz/files/seminare/seminar-TDI/01_2012/02_TDI_lektorske-materialy.pdf)

Basics, Terms and Definitions (and Misconceptions) About Management, [online]. Dostupné

z: <https://managementhelp.org/management/terms.htm#anchor662641>

ASB-posrtal.cz. Geotechnický monitoring při výstavbě tunelů Slivenec-stavba

SOKP 514, [online]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/geotechnika/geotechnicky-monitoring-pri-vystavbe-tunelu-slivenec-stavba-sokp-514>

Orbion.cz. Počasí a podnebí, [online]. Dostupné

z: <http://cina.orbion.cz/stat/pruvodce/pocasi-a-podnebi-1740/>

Encyklopedie. Čínská lidová republika, [online]. Dostupné

z: <http://www.evropa2045.cz/hra/napoveda.php?kategorie=4&tema=122>

Aktuálně.cz. Čína, [online]. Dostupné

z: <https://www.aktualne.cz/wiki/geografie/staty-a-mesta/cina/r~i:wiki:2003/>



## **10 SEZNAM TABULEK OBSAŽENÝCH V TEXTU**

Tab. 1 – Tunely CYSG-5; zdroj: vlastní .....	53
Tab. 2 – Tunely CYSG-6; zdroj: vlastní .....	53
Tab. 3– Členové týmu na úseku LOT 3; zdroj: vlastní .....	55



## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ OBSAŽENÝCH V TEXTU

Obr. 1 – Tunel Lochkov; zdroj: vlastní .....	16
Obr. 2 –Tunel Krasíkov; zdroj: vlastní .....	22
Obr. 3 –Tunel Valík; zdroj: vlastní .....	22
Obr. 4 - Organizace realizace projektu podle rakouského modelu smlouvy; zdroj: Austrian Society for Geomechanics: NATM The Austrian Practise of Conventional Tunnelling .....	31
Obr. 5 – Tunel Lochkov (Radotínský portál); zdroj: vlastní .....	41
Obr. 6 – Tunel Lochkov (Lochkovský portál); zdroj: vlastní .....	43
Obr. 7 – Strojní sestava používaná při ražbě NRTM; zdroj: vlastní .....	44
Obr. 8 – Portál tunelu Liaoxi – exit; zdroj: vlastní .....	47
Obr. 9 – Chongqing a Chengdu; zdroj: vlastní .....	51
Obr. 10– Úsek trasy PDL; zdroj: vlastní .....	52
Obr. 11 – Ruční vrtání (jádro); zdroj: vlastní .....	54
Obr. 12 – Ruční vrtání z lešení na čelbě kaloty; zdroj: vlastní .....	54
Obr. 13 – Ruční vrtání z pojízdného lešení; zdroj: vlastní .....	54
Obr. 14– Nedodržení přesahu kari sítí; zdroj: vlastní .....	57
Obr. 15 – Konstrukční spára; zdroj: vlastní .....	57
Obr. 16 – Dělník v tunelu bez OOPP; zdroj: vlastní .....	57
Obr. 17 – Trhliny v definitivním ostění; zdroj: vlastní .....	58
Obr. 18 – Primární ostění před pokládkou izolace; zdroj: vlastní .....	58
Obr. 19 – Vady na konstrukci hloubeného tunelu; zdroj: vlastní .....	58
Obr. 20 – Rohtang tunel – jižní portál; zdroj: vlastní .....	62
Obr. 21 – Rohtang tunel - severní portál; zdroj: vlastní .....	64
Obr. 22 – Strojní stříkání při ražbě kaloty; zdroj: vlastní .....	66
Obr. 23 – Strojní stříkání při ražbě kaloty; zdroj: vlastní .....	67
Obr. 24 – Strojní vrtání čelby kaloty na odpal; zdroj: vlastní .....	67
Obr. 25 – Strojní vrtání pro odpal v jádře; zdroj: vlastní .....	67
Obr. 26 – Fotografie ze stavby v Číně; zdroj: vlastní .....	70
Obr. 27 – Fotografie z jižního portálu tunelu Rohtang; zdroj: vlastní .....	74