

ZÁSADY A PRINCIPY NRTM JAKO PŘEVAŽUJÍCÍ METODY KONVENČNÍHO TUNELOVÁNÍ V ČR



Český tunelářský komitét ITA/AITES
Pracovní skupina pro konvenční tunelování

EDICE: DOKUMENTY ČESKÉHO TUNELÁŘSKÉHO KOMITÉTU ITA/AITES

Svazek 2: Zásady a principy NRTM jako převažující metody
konvenčního tunelování v ČR

Vydání 1.

Autorský kolektiv: **Členové pracovní skupiny ČTuK pro konvenční tunelování**
(Prof.Ing. Josef Aldorf, DrSc., Ing. Otakar Hasík, Doc. Ing. Vladislav Horák,
Ing. Libor Mařík, Ing. Miloslav Novotný, Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.,
Ing. Václav Soukup, Ing. Martin Srb, Ing. Bohuslav Stečinský, Ing. Ermín Stehlík,
Ing. Karel Vajsar)

Vydal: Český tunelářský komitét ITA/AITES pro vlastní potřebu v srpnu 2006

V edici „Dokumenty ČTuK ITA/AITES“ vydává Český tunelářský komitét texty zaměřené na problematiku podzemních staveb. Jedná se o dokumenty zpracované pracovními skupinami ČTuK nebo převzaté ze zahraničí, především od mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES a jejích pracovních skupin (Working Groups) nebo od zahraničních národních komitétů ITA/AITES. Dokumenty mají charakter informací nebo doporučení a vycházejí ze současné světové úrovně znalostí a zkušeností v oboru podzemního stavitelství.

V edici dosud vyšlo:

Svazek 1: **Bezpečnost práce při výstavbě tunelů**

Svazek 2: **Zásady a principy NRTM jako převažující metody konvenčního tunelování v ČR**

Vydané svazky lze obdržet do vyčerpání zásob od sekretariátu ČTuK na adrese:



Český tunelářský komitét ITA/AITES
Dělnická 12
170 00 Praha 7
e-mail: ita-aites@metrostav.cz

ZÁSADY A PRINCIPY NRTM JAKO PŘEVAŽUJÍCÍ METODY KONVENČNÍHO TUNELOVÁNÍ V ČR



Český tunelářský komitét ITA/AITES
Pracovní skupina pro konvenční tunelování

| | | |
|----------|--|----------------|
| 1 | Předmět a účel dokumentu | 5 |
| 2 | Definice a principy NRTM | 7 |
| 2.1 | Definice NRTM | 7 |
| 2.2 | Výhody | 7 |
| 2.3 | Principy geomechanické | 7 |
| 2.4 | Principy technologické | 7 |
| 2.5 | Principy organizační a smluvní | 8 |
| 2.5.1 | Všeobecně | 8 |
| 2.5.2 | Organizační struktura | 8 |
| 2.5.3 | Spolupráce jednotlivých subjektů a dělba rizika | 9 |
| 3 | Fáze přípravy stavby | 12 |
| 3.1 | Úloha investora při zadání projektu v nejnižších stupních dokumentace (studie), dokumentace pro územní řízení (DUR) | 12 |
| 3.2 | Požadavky na rozsah geotechnického průzkumu v jednotlivých stupních projektu a časová návaznost prováděných průzkumů na zpracování dokumentace | 12 |
| 3.2.1 | Význam horninového prostředí okolo tunelové trouby | 12 |
| 3.2.2 | Cíle geotechnického průzkumu horninového prostředí, ve kterém bude ražen tunel | 12 |
| 3.2.3 | Strategie pro návrh programu geotechnického průzkumu Zkušební program Podklady pro stanovení technologie ražby | 13 14 14 |
| 3.2.4 | Etapy geotechnického průzkumu pro výstavbu tunelů | 14 |
| 3.3 | Minimální rozsah projektové dokumentace jednotlivých stupňů s ohledem na specifika tunelovací metody | 15 |
| 3.3.1 | Projekt geotechnického monitoringu jako součást projektové dokumentace | 15 |
| 3.3.2 | Definice monitoringu | 15 |
| 3.3.3 | Obsah projektu geomonitoringu na úrovni DSP | 16 |
| 3.3.4 | Vypracování projektu monitoringu | 16 |
| 4 | Fáze zadání stavby | 19 |
| 4.1 | Specifika zadávací dokumentace pro výběr dodavatele tunelu raženého NRTM | 19 |
| 4.1.1 | Technologické třídy výrubu | 19 |
| 4.1.2 | Výkaz výměr | 20 |
| 4.1.3 | Časová a věcná složka ceny | 21 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.2 | Možná rizika při nesprávném zadání stavby | 21 |
| 4.3 | Požadavky na rozsah a obsah zadávací dokumentace pro výběr dodavatele – rozšíření DSP | 22 |
| 4.3.1 | Požadavky a podmínky pro zpracování nabídky | 23 |
| 4.3.2 | Všeobecné a zvláštní zadávací a smluvní podmínky | 23 |
| 4.3.3 | Projektová dokumentace | 23 |
| 4.3.4 | Projektová specifikace | 26 |
| 4.3.5 | Výkaz výměr | 26 |
| 4.3.6 | Zadávací dokumentace pro provádění geotechnického monitoringu | 27 |
| 4.4 | Činnost technického dozoru investora, resp. stavebního dozoru – výběrové řízení | 27 |
| 5 | Fáze realizace stavby | 30 |
| 5.1 | Organizační struktura na stavbě | 30 |
| 5.1.1 | Řízení stavby | 30 |
| 5.1.2 | Spolupráce jednotlivých subjektů | 30 |
| 5.1.3 | Podmínky pro spolupráci jednotlivých subjektů | 30 |
| 5.2 | Realizační dokumentace stavby (RDS) | 30 |
| 5.3 | Aplikace NRTM na stavbě | 31 |
| 5.3.1 | Metody rozpojování horniny | 31 |
| 5.3.2 | Členění a vystrojení výrubu | 34 |
| 5.3.3 | Primární ostění (popis a funkce hlavních prvků) | 35 |
| 5.3.4 | Doplňková opatření | 35 |
| 5.3.5 | Definitivní ostění | 36 |
| 5.3.6 | Provozní a energetické zajištění výstavby tunelu | 37 |
| 5.4 | Rizika | 38 |
| 5.4.1 | Hlavní rizika | 38 |
| 5.4.2 | Přehled možných rizik při provádění tunelu | 38 |
| 5.4.3 | Opatření pro řízení rizik | 39 |
| 5.4.4 | Směrnice pro stanovení a řízení rizik (Velká Británie) | 39 |
| 5.5 | Monitoring | 40 |
| 5.5.1 | Realizační projekt monitoringu | 40 |
| 5.5.2 | Provádění monitoringu | 41 |
| 5.5.3 | Inženýrské rozhodování – Koncept varovných stavů | 42 |
| 5.5.4 | Hodnocení výsledku měření monitoringu a rozhodovací proces | 43 |

1 PŘEDMĚT A ÚČEL DOKUMENTU



1 Předmět a účel dokumentu

Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM) je hlavním představitelem moderních konvenčních tunelovacích metod, tj. metod, které v rámci technologického postupu nevyužívají razicí stroje (TBM) nebo štíty.

Zkušenosti s aplikací NRTM v České republice vyplývají až doposud z realizací tunelových staveb s nízkým nadložím (0 – 100 m), případně z tunelování v městské zástavbě.

K zavedení NRTM v České republice došlo až po roce 1989, a proto úroveň znalostí i zkušeností s touto metodou není u nás obecně dostatečná a je značně nevyrovnaná.

Podzemní stavitelství je specifické tím, že základní stavební materiál (hominové prostředí) je různorodý a před prováděním stavby jen omezeně poznatelný. Geotechnické podmínky v trase tunelu přímo ovlivňují druh a rychlost prací, a tím i konečnou cenu díla. Kvalita provádění (cena, bezpečnost, vliv na okolní prostředí – škody) u tunelových staveb je závislá na technické kompetenci a zkušenostech zúčastněných subjektů.

Z tohoto důvodu se pracovní skupina Českého tunelářského komitétu ITA/AITES pro konvenční tunelování rozhodla zpracovat tento dokument. Jeho cílem je stručně upozornit na hlavní zásady a principy používání NRTM nejen z hlediska možností, které NRTM nabízí, ale i požadavků, které je nutné splnit, aby její aplikace byla úspěšná.

S ohledem na snahu o stručnost a přehlednost není dokument zamýšlen jako směrnice pro přípravu, projektování a realizaci NRTM. Je spíše přehledem zásad, které je nutné dodržet, aby realizace NRTM probíhala efektivně, využívala výhod této metody a vyhnula se zbytečným omylům.

Dokument vychází z mezinárodních zkušeností a čerpá z podkladů světové tunelářské asociace ITA/AITES a její pracovní skupiny Working Group 19 Conventional Tunneling, na jejíž práci se zástupci ČTuK podílejí.

2 DEFINICE A PRINCIPY NRTM



2 Definice a principy NRTM

2.1 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.

Při výstavbě tunelů pomocí NRTM je obvykle stabilita výrubu zajištěna primárním ostěním a definitivní konstrukce tunelové trouby (sekundární ostění) je budována teprve po ustálení napětově-deformačního stavu v okolí výrubu.

Hlavními konstrukčními prvky primárního ostění jsou stříkaný beton a kotevní systém. 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 podle skutečného chování výrubu a horninového masivu.

2.2 Výhody

NRTM je celosvětově rozšířená tunelovací metoda, která při správném použití umožňuje výrazně snížit stavební náklady při zajištění požadované bezpečnosti a kvality. V Rakousku se podařilo díky použití NRTM snížit stavební náklady tunelů řádově o desítky procent.

Hlavní výhoda, resp. princip NRTM spočívá ve vytvoření stabilní spolupůsobící konstrukce tvořené horninovým prostředím a výztužnými prvky. Maximálně využívá vlastností horninového prostředí a minimalizuje rozsah výztužných prvků.

2.3 Principy geomechanické

Působení horninového masivu v okolí výrubu jako nosného prvku je dosahováno co nejmenším porušením při rozpojování a co nejrychlejším zpevněním povrchu výrubu stříkaným betonem a použitím zpravidla radiálních kotev zlepšujících vlastnosti masivu. Spolupůsobením horninového masivu s primárním (vnějším) ostěním vzniká nosný systém přenášející zatížení/napětí vzniklá v masivu provedením výrubu.

V hlubších tunelech je nutné napětí masivu po provedení výrubu snížit umožněním radiálních deformací masivu do výrubu na hodnotu, kterou je nosný systém schopen přenést po doznění/ukončení deformací.

Koncepce technologie ražení a vyztužování musí být zaměřena na maximální využití vlastností horninového masivu.

2.4 Principy technologické

Horniny se rozpojují všemi běžnými způsoby (střelné práce, pneumatická kladiva, výložníkové frézy, bagry) s výjimkou rozpojování plnoprofilovým razícím strojem.

Vystrojování a zajišťování výrubu se provádí především stříkaným betonem (primární/vnější ostění), doplněným příhradovými nebo plnostěnnými obloukovými nosníky a výztužnými sítěmi a/nebo drátkobetonem.

Spražení tohoto vnitřního vystrojení výrubu s horninovým masivem je zajištěno pomocí soudržnosti líce výrubu se stříkaným betonem a kotevním systémem.

Definitivní/vnitřní ostění se obvykle provádí z monolitického betonu (prostého nebo vyztuženého) a je obvykle chráněno mezilehlou fóliovou izolací. V souladu s požadavky konkrétního projektu je také možné provést vodotěsné vnitřní ostění z vodonepropustného betonu bez fóliové izolace nebo primární/vnější ostění ze stříkaného betonu ponechat jako definitivní.

2.5 Principy organizační a smluvní

2.5.1 Všeobecně

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.

Vysoká odborná úroveň všech zúčastněných subjektů a jejich aktivní spolupráce, zkušenost s prováděním a zažitost technických, smluvních a fakturačních postupů jsou nezbytnými předpoklady úspěšné a efektivní realizace.

2.5.2 Organizační struktura

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

Standardní organizační uspořádání musí respektovat následující zásady:

- projektant se 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, vyhodnocuje informace z provádění a geomonitoringu 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 dodavatele o způsobu dalšího postupu výstavby (tj. např. klasifikace a zařazení horninového prostředí, instalace vystrojení v následujícím prstenci, modifikace technologické třídy výrubu např. úpravou kotevního systému, instalací dodatečných kotev; použití případných doplňujících opatření v místech, kde nedochází k předpokládanému chování vystrojeného výrubu).

V případě, že nedojde ke shodě, má rozhodovací pravomoc stavební dozor (tj. zástupce investora). Měl by si však být vědom, že tím přebírá zodpovědnost za zdárný postup další výstavby. Za bezpečnost při ražbě odpovídá zhotovitel. Je vhodné již před zahájením stavby určit „arbitra“, tj. třetí, na projektu jinak nezúčastněnou stranu, která by měla být předem odsouhlasena oběma stranami (investorem a zhotovitelem). „Arbitr“ má mít rozhodovací kompetence při řešení závažnějších problémů jak technických, tak i jejich dopadů do nákladů stavby.

Systém zadávání tunelové stavby, vypracování nabídky, vyhodnocování nabídky, smluvních vztahů a fakturace prací při provádění musí respektovat zvláštnosti tunelování a NRTM a motivovat dodavatele k efektivnímu provádění.

Smluvní vztah musí respektovat nutnou míru nejistoty (geologické) a umožnit oceňování a fakturaci prací, jejichž množství se liší od předpokládaného. Smluvní vztah musí umožnit flexibilitu konečné celkové ceny za předpokladu použití jednotkových cen prací se zohledněním časového faktoru, variabilního množství prací a definovaného způsobu kontroly efektivity provádění. Pravidla pro takový postup musí být součástí zadávacích podmínek a následně smluvních vztahů. Spravedlivé odměňování všech aktivit, včetně těch, které není možné přesně kvantifikovat před skončením ražeb, je podmínkou efektivity provádění.

2.5.3 Spolupráce jednotlivých subjektů a dělba rizika

Investor zadává technické parametry tunelu (trasa, příčný profil) a má na starosti financování stavby.

Měl by zvážit své personální možnosti, pokud jde o nutné teoretické i praktické znalosti a zkušenosti s touto tunelářskou metodou. Doporučuje se zajistit činnost trvalého technického dozoru investora (TDI), resp. stavebního dozoru externě, nejlépe na zhotoviteli nezávislou organizací. Ta může provádět geotechnický monitoring buď sama, nebo si najmout odbornou firmu.

V německy mluvících zemích je běžné posílení pozice investora delegováním vedení stavby (Bauleitung) na specializovanou organizaci nezávislou na zhotoviteli. Tato organizace nevykonává pouze činnost stavebního dozoru, ale přímo vede stavbu a organizuje veškeré stavební činnosti. Je běžné, že tyto organizace se rekrutují z projektčních organizací a jejich speciálně zaměřených týmů.

K řešení eventuálních sporů přispívá dohoda o řešení sporů, která by měla být součástí smlouvy. V zahraničí je na větších projektech tato problematika řešena ustanovením „Dispute Review Board“ (DRB), což je skupina tří expertů. Tito jsou buď vybráni ze společného seznamu investora a zhotovitele, nebo každá strana jmenuje svého experta a ti si potom vyberou třetího, který je předsedou.

Možným alternativním řešením je společný výběr jednoho experta, který řeší eventuální spory. Tento expert by měl být placen společně investorem a zhotovitelem. Jeho činnost by měla být zahájena co nejdříve po udělení zakázky, aby byl od počátku plně seznámen s projektem.

Zhotovitel je zodpovědný za bezpečnou a kvalitní realizaci; za provádění prací v souladu s projektovou dokumentací a s principy NRTM, včasnou aplikaci nutných modifikací projektu a za dodržování technologické kázně.

Projektant je zodpovědný za technické řešení včetně dimenzování konstrukcí. Ve fázi přípravy existuje smluvní vztah mezi projektantem a investorem. V některých zemích je považováno za výhodné, když různé stupně dokumentace zpracovává jiná projekční organizace. Dosahuje se tak nezávislé kontroly v jednotlivých fázích projekční přípravy. Tato nezávislá kontrola může být také dosažena průběžnou kontrolou procesu projektování jiným subjektem.

Ve fázi realizace se jedná o projektanta realizační dokumentace stavby (RDS), které ho si buď najímá zhotovitel, nebo vedení stavby delegované investorem. Druhá možnost není pro Českou republiku typická.

Měla by být oddělena činnost projektanta RDS a autorského dozoru.

3 FÁZE PŘÍPRAVY STAVBY



3 Fáze přípravy stavby

3.1 Úloha investora při zadání projektu v nejnižších stupních dokumentace (studie), dokumentace pro územní řízení (DUR)

Fáze přípravy staveb začíná vyhledáním trasy a situováním tunelového díla (volba dopravních koridorů pro vyhledání optimální polohy, stanovení minimálních parametrů z hlediska „životnosti trasy“ – požadavky na směrové a výškové řešení apod.), pokračuje vyřešením vztahů k okolním objektům, dopadům na životní prostředí a končí získáním územního rozhodnutí a stavebního povolení.

Požadavky na materiály a trvale zabudované části konstrukce z hlediska životnosti většinou dosahují až 100 let. Stejně požadavky by měly být kladeny na „životnost“ trasy, jíž je tunel součástí. V současné době jsou někdy navrhovány tunely o směrových nebo výškových parametrech nevyhovujících z hlediska standardů dosahovaných v západní Evropě, a to již v době uvedení do provozu. Pokud je trasa s nevyhovujícími parametry umístěna do tunelu, vytváří tunel kritické místo a dlouhodobě znehodnocuje trasu. Bez vynaložení vysokých investičních nákladů nelze dosáhnout nápravy.

Proto je nutné, aby investor již v počátečních fázích projektové dokumentace přistupoval k volbě trasy s vědomím předpokládaného vývoje intenzity dopravy a požadovaných přepravních rychlostí.

Již v této fázi by měla být provedena 1. etapa analýzy geotechnických rizik na základě geologické, hydrogeologické a geotechnické rešerše, případně rešerše historické báňské činnosti.

3.2 Požadavky na rozsah geotechnického průzkumu v jednotlivých stupních projektu a časová návaznost prováděných průzkumů na zpracování dokumentace

3.2.1 Význam horninového prostředí okolo tunelové trouby

Celkové geomorfologické, geologické, hydrogeologické i geotechnické poměry území, ve kterém bude tunel ražen, je třeba znát proto, aby bylo možné v předstihu analyzovat geotechnická rizika spojená s ražbou, výstavbou a provozem hotového tunelu a na základě těchto rizik volit optimální směrové i výškové vedení nivelety budoucího tunelu, umístění jeho portálů i vhodnou technologii ražby a vystrojení ostění.

3.2.2 Cíle geotechnického průzkumu horninového prostředí, ve kterém bude ražen tunel

Geotechnický průzkum stanovuje stratigrafii hornin v oblasti potenciální trasy budoucího tunelu a její proměny, zjišťuje fyzikální vlastnosti přítomných hornin, zpracovává podklady pro volbu výpočetních parametrů do geotechnických výpočtů ostění tunelu a připravuje pro ně geomechanické modely. Inženýrskogeologická část geotechnického průzkumu by také měla ve vhodném rozsahu poskytnout informaci o geologické genezi území, ve kterém bude tunel ražen. Ta je důležitým podkladem pro optimální volbu směrového i výškového vedení trasy tunelu a pro odhad odezvy horninového masivu na zásah do jeho původního stavu ražbou tunelu.

Výsledky geotechnického průzkumu musí umožnit návrh technologie ražby, vstrojení a budování primárního i sekundárního ostění a jeho bezpečnou verifikaci prostřednictvím výpočetních postupů, matematického modelování nebo praktických testů. Musí poskytnout i dostatek informací pro návrh zajištění potenciálně dotčených objektů nadzemní zástavby, to je zejména spolehlivý odhad průběhu poklesových kotlin. Dále musí přinést podklady pro volbu umístění portálů, návrh technologie jejich hloubení a zajištění. Například z hlediska stability svahů a pažení stavebních jam, bezproblémového odvodnění portálů i tunelu, a to i s ohledem na okolní zástavbu, především pokud se tunel ráží v intravilánu měst. Postupným cílem je získání dostatečného množství informací pro zařazení zkoumaného geologického prostředí podle některých z tunelářských klasifikací, jako je Q (Barton), RMR (Bieniawski), GSI (Hoek), nebo podle rakouské směrnice OGG pro geotechnický návrh tunelů.

Geologické poměry a mechanické vlastnosti přítomného horninového masivu přímo ovlivňují volbu typu ostění tunelu a jeho dimenzování.

Závěry geotechnického průzkumu proto musí vyústit v jednoznačné podklady pro stanovení charakteristických a návrhových hodnot věrohodně charakterizujících horninové prostředí pro spolehlivé dimenzování tunelového ostění, jeho bezpečný a ekonomický projekt včetně optimálního návrhu na technologii jeho provedení.

Kromě toho musí poskytnout, a na to se často při sestavování programu geotechnického průzkumu a při formulaci jeho závěrů zapomíná, spolehlivé podklady pro jednoznačně definované zadávací podmínky pro výběrové řízení na dodavatele ražby tunelu i všech souvisejících objektů. Geologická část těchto podkladů svou informační hodnotou a výstižností výrazně ovlivňuje nejen nabídkovou cenu, ale i případný rozsah dodatečných nákladů na stavbu a dobu výstavby tunelu.

Samozřejmým cílem geotechnického průzkumu tudíž také je co nejvíc omezit nebezpečí pozdějšího vzniku víceprací souvisejících s ražbou tunelu, které by mohly vést k prodloužení výstavby a k jejímu zdražení a z toho vyplývajícím sporům mezi dodavatelem a investorem.

Jinými slovy lze říci, že jedním z hlavních cílů geotechnického průzkumu pro výstavbu tunelu je snížit na únosnou mez nejistoty o geologických poměrech a o vlastnostech horninového masivu. Geotechnický průzkum tedy také stanovuje míru existujících geotechnických rizik a předkládá podklady, na jejichž základě je možno navrhnout postupy jak tato geotechnická rizika snižovat na přijatelnou úroveň.

3.2.3 Strategie pro návrh programu geotechnického průzkumu

Vypracování kvalitního programu rozsáhlého podrobného geotechnického průzkumu pro tunel ražený ve složitých geologických poměrech, a poté jeho realizace, je úkol pro tým složený z řady specialistů. Mezi ně patří inženýrský geolog, specialista na mechaniku zemin, specialista na mechaniku hornin, specialista na laboratorní a polní zkušebnictví, geofyzik, specialista na vrtné práce a geotechnik s inženýrskou erudicí. Musí mít i odpovídající znalosti o technologii ražeb tunelů. Hlavní řešitel či zpracovatel takového průzkumu musí tedy mít, kromě vysoké odborné úrovně, i mimořádné organizační a řídicí schopnosti, aby celý tým specialistů dokázal dovést k cíli definovanému

v programu průzkumu, a to často v problematickém prostoru vymezovaném zadavatelem průzkumu a dalšími vnějšími okrajovými podmínkami, jako jsou rozpočtové prostředky, čas atp. Program průzkumu by měl být v každé jeho fázi spouštěčován i projektantem.

Nespolehlivé a nedostatečné informace o geologických poměrech a geotechnických podmínkách zpravidla vedou k chybnému návrhu směrového i výškového vedení nivelety tunelu, umístění portálů, k nevhodné technologii ražeb i nevhodnému projektu ostění tunelu. Skoro vždy v takovém případě dojde k chybnému ocenění budoucích nákladů potřebných na stavbu a doby, která bude pro vyražení díla potřebná.

Zkušební program

Rozsah zkušebního programu a jeho komplexnost a zaměření musí být podrobeny jednotné strategii a jasně definovanému cíli. Jak cíl, tak rozsah zkušebního programu musí být v projektu geotechnického průzkumu podrobně popsán a zdůvodněn. Mechanické vlastnosti horninového prostředí ve složitých geotechnických poměrech a pro tak náročnou stavbu, kterou každý tunel bezesporu je, musí být (ve shodě s Eurokódem 7) určeny vždy na základě dostatečně komplexního zkušebního programu a přímého měření na neporušených vzorcích hornin, či vhodně situovaných polních zkoušek.

Každá zkouška musí mít v programu průzkumu definovaný smysl, musí být zřejmé, jak a k čemu bude získaný výsledek zkoušky použit.

Podklady pro stanovení technologie ražby

Do souboru metod geotechnického průzkumu je také třeba zařadit postupy pro stanovení technologických charakteristik hornin. K nim patří především zařazení do technologických tříd NRTM, zjištění rozpojitelosti, vrtatelnosti, těžitelnosti, lepivosti, prašnosti, abrazivity a případně i injektovatelnosti a dále zkoušky propustnosti pro injektáž, tlakové zkoušky a injekční zkoušky. Je třeba zjistit a kvantifikovat případnou agresivitu podzemní vody vůči injekčním hmotám i betonu. Ty mohou nepříznivě reagovat na specifický charakter chemismu podzemní vody. Pro potřeby provádění ražeb a posouzení stability čeleb je nezbytné znát i směry, sklony, mocnosti a charakter povrchů ploch nespojitostí.

Výskyt plynů nebo radiace není sice v běžných geologických poměrech a v malých hloubkách pravděpodobný, přesto se však s ohledem na bezpečnost práce a zdraví musí posoudit jejich riziko. Spolu s náchylností k prašnosti jsou i podkladem pro projekt větrání tunelů.

Pevnost hornin, jejich porušení a charakter rozpukání mají spolu s technologií ražeb a trhacích prací vliv na velikost nadvýlomů.

Horninu je též třeba klasifikovat podle stability výrubu.

Dále se určují tlaky hornin, které působí na ostění tunelu a tlačivost.

3.2.4 Etapy geotechnického průzkumu pro výstavbu tunelů

Při volbě metodiky geotechnického průzkumu je účelné dodržovat zásady etapovosti, zejména s přihlédnutím k jednotlivým fázím přípravy stavby a její dokumentace

a postupného zvyšování úrovně poznání daného geologického prostředí. Přitom se rozsah prací i metodika a technika průzkumu přizpůsobují cílům dané etapy. Platí, že průzkumné práce v dané etapě se stávají součástí prací v následující etapě. V každé další etapě se plně využívá prací a závěrů předcházející etapy. Každá etapa obsahuje návrh programu průzkumu další etapy.

Geotechnický průzkum se obvykle provádí jako orientační, předběžný, podrobný, doplňkový a jako sledování během vlastní ražby tunelu (zejména geotechnické hodnocení čeleb).

3.3 Minimální rozsah projektové dokumentace jednotlivých stupňů s ohledem na specifika tunelovací metody

Minimální rozsah jednotlivých stupňů projektové dokumentace může být upraven různým způsobem podle účelu a využití daného stupně dokumentace. Z hlediska tunelových objektů je však rozhodující správné situování v kontextu trasování, vyřešení návrhu tunelového ostění z hlediska stability a životnosti konstrukcí a stanovení dopadů ražeb a stavby vůbec na okolní prostředí včetně dopadů na životní prostředí. Rozsah dokumentace pro potřeby získání územního rozhodnutí a stavebního povolení je dán všeobecně platnou legislativou a je dále upraven příslušnými dokumenty investora.

Pro zdárný výsledek realizace tunelového objektu jak z hlediska technicko-kvalitativního, tak z hlediska ekonomického je rozhodující **žadavací dokumentace** (viz. kap. 4 Fáze zadání stavby). Dokumentace pro zadání stavby musí obsahovat jednoznačné technické řešení (technologické třídy výrubu, členění výrubu a vystrojení výrubu v rámci těchto tříd, řešení ochrany proti vodě, základní rozměry sekundárního ostění atd.). Následující **realizační dokumentace** (RDS) by měla pouze rozpracovávat detaily (např. výkresy výztuže, dílenské výkresy detailů apod.).

3.3.1 Projekt geotechnického monitoringu jako součást projektové dokumentace

Projekt geotechnického monitoringu se zpracovává minimálně ve dvou úrovních.

V první úrovni jako součást dokumentace určené pro stavební povolení (DSP). V této úrovni je zároveň součástí zadávacích podmínek pro výběrové řízení na zhotovitele monitoringu. Projekt monitoringu, který je součástí DSP, zajišťuje projektant DSP. Podle potřeby přitom spolupracuje se specializovanými subjekty.

Ve druhé úrovni je projekt monitoringu součástí realizační dokumentace. Realizační projekt monitoringu zpracovává vybraný zhotovitel geomonitoringu. Spolupracuje přitom s projektantem RDS, s investorem i dodavatelem.

3.3.2 Definice monitoringu

Monitoring je komplex vzájemně propojených činností. Kromě vlastního měření vybraných veličin na vybraných místech do něho patří sběr změřených dat, skladování a archivace změřených dat, průběžné zpracovávání i hodnocení dat a následný rozhodovací proces, vycházející z definic varovných stavů, jejich kritérií a předem připravených opatření v technické, technologické i bezpečnostní oblasti.

Do dat sbíraných a hodnocených v rámci monitoringu také patří vše, co výsledky měření ovlivňuje. Tj. jak zastižené geologické a hydrogeologické poměry (IG sledování čeleb), tak i aplikovaná technologie ražby a její prvky. To vše musí být zachycováno ve stejné časové souslednosti jako vlastní měření deformační odezvy horninového masivu a tunelového ostění na ražbu.

3.3.3 Obsah projektu geomonitoringu na úrovni DSP

Projekt geomonitoringu na úrovni DSP vychází z identifikace základních geotechnických rizik souvisejících s výstavbou tunelu v daných podmínkách. (Reakce horninového masivu v místech geologických anomálií, změna vodního režimu a jeho vlivy na tunel a na nadzemní zástavbu, kolize tunelu s jinými podzemními díly, vliv ražby na průběh poklesové kotliny a následně na nadzemní zástavbu, stabilitní problémy v blízkosti portálů atp.).

Po identifikaci rizik se definují specifické cíle monitoringu pro danou stavbu a podle zvolených cílů se určí místa měření, metody měření a odhadnou se počty jednotlivých měření.

Zpravidla se monitoring zaměřuje na:

- oblast portálů;
- tunelovou troubu a okolní horninový masiv;
- poklesovou kotlinu na povrchu terénu;
- objekty nadzemní zástavby nad tunelem;
- změny vodního režimu.

3.3.4 Vypracování projektu monitoringu

Plánování či projektování monitoringu a jeho provádění je logickým sledem činností, které navazují jedna na druhou. Začíná se definicí cílů monitoringu a končí zcela jasnou představou o využití získaných výsledků z měření pro inženýrská rozhodnutí v průběhu ražeb.

Aby každá z činností monitoringu mohla být dobře provedena, je tedy nutno předem správně určit základní otázky, na které musí celý systém monitoringu odpovědět.

To je možné jen při spolehlivě provedené technicko-ekonomické definici problémů vycházející z rozboru geotechnických rizik. Ten vyplývá z výstižné hypotézy přetváření horninového masivu, variant řešení spolupůsobení mezi stavbou tunelu a horninovým prostředím a předpovědi případných nežádoucích jevů, které přitom mohou vzniknout, a to včetně odhadu pravděpodobnosti s jakou mohou nastat.

Po zpracování hypotézy přetváření, technicko-ekonomické definice problému a stanovení cílů monitoringu následuje vypracování jeho projektu. Tato činnost sestává z následujících kroků:

- rozhodnutí, jaké veličiny jsou z hlediska cílů kontrolního sledování pro měření nejdůležitější (síly, posuvy, napětí atp.);
- volba typů měřicího zařízení (zvažuje se přesnost, spolehlivost a žádoucí rozsah měřidel, jejich odolnost v místech osazení, cena atp.);
- plán rozmístění měřidel;

- plán a zásady sběru dat;
- rozhodnutí o způsobu zpracování dat;
- rozhodnutí o technologii přenosu a skladování dat;
- stanovení varovných stavů a měřítek pro jejich přijímání;
- návrh technicko-bezpečnostních a technologických opatření přijímaných v případech dosažení některého z varovných stavů.

Projekt monitoringu na úrovni DSP je zpracováván zpracovatelem DSP. Je podkladem pro výběr zhotovitele monitoringu. Požadavky na jeho obsah jsou proto v kapitole 4.3.6.

4 FÁZE ZADÁNÍ STAVBY



4 Fáze zadání stavby

4.1 Specifika zadávací dokumentace pro výběr dodavatele tunelu raženého NRTM

Kontrakty na stavby v podzemí se oproti ostatním smluvním ujednáním ve stavebnictví vyznačují vyšší mírou rizika plynoucí z nejistoty v určení vstupních parametrů a okrajových podmínek při budování těchto staveb.

Prvotní nejistotou při výstavbě v podzemí je samo prostředí, v němž výstavba probíhá, tj. horninové prostředí. Informace, které lze v průběhu přípravy staveb získat, postupně upřesňují podmínky, v nichž bude stavba probíhat. Pro NRTM je významnou skutečností, že horninové prostředí je interaktivní součástí nosné konstrukce podzemního díla. Poznání podmínek, které determinují výstavbu, je tak vlastně poznáním charakteru konstrukce podzemního díla, v němž má původně rozličně strukturované horninové prostředí a nově budované ostění vytvořit spolupůsobící konstrukci.

Příprava podzemních staveb by měla být tudíž charakterizována postupným upřesňováním znalostí o horninovém prostředí (viz. například zásada etapovitosti průzkumu). Samotná výstavba by pak měla být prováděna za permanentní zpětné analýzy předpokladů ve srovnání se skutečně zastíženými podmínkami. Prostředkem k takové analýze je především geotechnický monitoring. Ten má několik funkcí, z nichž ta zásadní je získávání údajů o chování konstrukce a horninového prostředí pro zajištění bezpečného průběhu a předpověď dalšího optimálního postupu ražeb. Dalším využitím údajů získaných v rámci monitoringu je mimo jiné stanovení charakteristik horninového prostředí pro vypracování zpětné analýzy (back analysis) a návrh definitivního ostění.

Celý proces přípravy a výstavby podzemních děl je tedy provázen neustálou verifikací předchozích kroků na základě bezprostředně získaných znalostí. To je sice postup a proces, který by v ideálním případě měl vést k optimálnímu výsledku jak z hlediska technického a bezpečnostního, tak i z hlediska ekonomického, ale jenž zároveň značně komplikuje zadávací dokumentaci stavby a samotný kontrakt.

Oprávněná je snaha investora minimalizovat náklady nutné na výstavbu podzemních objektů při zachování bezpečnosti těchto staveb, ať již při výstavbě, tak po dobu provozu; při zohlednění jejich návrhové životnosti a jisté nutné doby, na niž je kladen požadavek minimální údržby. Stejně tak je oprávněná i snaha dodavatele stavebních prací zajistit krytí veškerých nákladů spojených s výstavbou a nárok na přiměřený zisk. Oba zájmy by měly být ve skutečnosti shodné a lze je dosáhnout společně koordinovaným a optimalizovaným postupem. To lze zajistit především kvalitní zadávací dokumentací, která je zároveň nejdůležitějším podkladem, resp. součástí kontraktu. Tím jsou ovšem kladeny vysoké nároky na práci investora nebo jim pověřených organizací při tvorbě zadávací dokumentace.

4.1.1 Technologické třídy výrubu

Horninový masiv v raženém úseku tunelu je po délce tunelu rozdělen do kvaziizomogenních celků. Ražba a způsob zajištění výrubu jsou pro každý kvaziizomogenní celek popsány technologickou třídou výrubu (TTV). TTV má zásadní význam pro

stanovení ceny. Na základě geotechnického průzkumu je provedena prognóza očekávaného zastoupení jednotlivých TTV. Odhad celkové ceny tunelu je pak závislý na přesnosti této prognózy.

Zadávací dokumentace musí obsahovat jak definici jednotlivých TTV, tak prognózu jejich očekávaného zastoupení. Zadávací dokumentace by měla dále obsahovat jak postupy, kterými je měněno zařídění horninového prostředí do kvazihomogenních celků a tím stanovena TTV, tak postupy možných změn samotných TTV. S tím souvisí i nutnost stanovení postupů oceňování.

Zadávací dokumentace musí dále obsahovat prognózu chování horninového masivu v průběhu ražeb. Tato prognóza je v průběhu ražeb ověřována a korigována prováděním geotechnického monitoringu. Jak bude ukázáno dále, i pro tvorbu cen je nutné stanovit předpokládané maximální deformace po dobu ražeb. Lze doporučit rozlišování předpokládaných deformací a mezních deformací. S předpokládanými deformacemi se uvažuje při tvorbě smluvních linií pro fakturaci provedených prací. Mezní deformace slouží pro definování stavů mezní přijatelnosti a havarijních stavů. Zde je nutné upozornit, že pro havarijní stav nemusí být rozhodující absolutní hodnota deformace, ale často změna rychlosti nebo zrychlení deformace a především charakter deformační křivky, který může vykazovat tendenci k ustálení deformačních projevů nebo naopak k rozvoji deformací.

4.1.2 Výkaz výměr

Projektová specifikace, která je součástí zadávací dokumentace, obsahuje výkresovou část, která stanovuje teoretické rozměry tunelu. Teoretické rozměry tunelu jsou podkladem pro stanovení výkazu výměr. Výkaz výměr je zásadní částí zadávací dokumentace. Výkaz výměr je uchazečem o zakázku oceněn a v rámci kontraktu slouží jako podklad k fakturaci provedených prací.

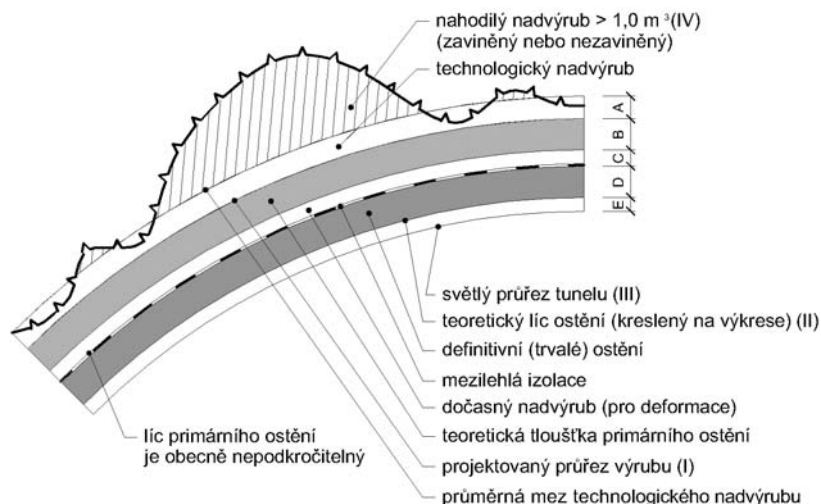
Pro ražená podzemní díla je nutno pečlivě ošetřit odchylky, které mohou nastat vůči teoretickým rozměrům. Tyto odchylky mohou mít tři základní příčiny:

- 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. Příklad takové definice je uveden na obrázku.

Technologický nadvýrub (A) se stanovuje v zadávací dokumentaci konstantně na základě předpokládané geologie. Dodavatel zakalkuluje náklady spojené s tímto nadvýrubem do ceny za teoretické rozměry.



Nadvýšení pro konvergence a pro tolerance (C) stanoví zadávací dokumentace a upraví RDS. Obě nadvýšení je možno případně zahrnout do položky technologický nadvýrub tak, že kubatura zvětšení výrubu pro tolerance a konvergence je zahrnuta v kubatuře technologického nadvýrubu. Tento postup musí být jednoznačně popsán v zadávací dokumentaci.

Nezaviněný geologický nadvýrub (nad mezí A) se stanovuje dle skutečnosti; ve výkazu výměr je uvedena speciální položka a zadávací dokumentace určí způsob výpočtu jeho ceny; investor platí geologické nadvýrubu, pokud jsou způsobeny nečekanými geologickými podmínkami a přirozenou odlučností hornin.

Zadávací dokumentace musí dále obsahovat požadavky na způsob vyplnění nadvýrubů a jeho účtování. Pro výplňový beton nadvýrubů se obvykle zřizuje zvláštní položka a účtuje se odlišně od stříkaného betonu primárního ostění.

Nadvýrubu způsobené technologickou nekázní zhotovitele investor neproplácí.

4.1.3 Časová a věcná složka ceny

Celková cena dodávky stavby se skládá z prvků závislých na čase a z prvků nezávislých na čase. Dodavatel stavby má náklady, které jsou za příslušné časové jednotky fixní (zařízení staveniště, pronájem strojů, mzdové náklady apod.), a náklady, které jsou na čase nezávislé (cena vystrojovacích prvků – ne však jejich osazení; cena ucelené subdodávky – např. instalace izolace apod.). Zadávací dokumentace by měla zohlednit tento charakter tvorby ceny.

4.2 Možná rizika při nesprávném zadání stavby

Chyby způsobené špatnou zadávací dokumentací mohou mít značné následky, jejichž řešení často ústí v soudní dohru, a především je provázeno citelnými ekonomickými

ztrátami, a to obvykle na úkor všech zúčastněných. Předpokladem kvalitní zadávací dokumentace je včasné, jednoznačné, leč relativně pružné a spravedlivé rozdělení rizik, případně stanovení jednoznačných podmínek pro sdílení rizik. K tomu, aby bylo vůbec možné takovou dokumentaci vytvořit, je nutná znalost rizik, která lze v průběhu stavby očekávat. Za tímto účelem by měla být ve fázi přípravy vypracována riziková analýza.

Zadávací dokumentace musí obsahovat jednoznačně vymezení kvantitativních i kvalitativních parametrů budované stavby včetně všech relevantních specifikací. Dále musí jednoznačně vymežit kompetence a práva jednotlivých účastníků výstavby. Způsob oceňování prací včetně prací, které nemohly být beze zbytku specifikovány při zadání. Zadávací dokumentace by také měla obsahovat návrh řešení sporů na jednotlivých úrovních. Ideálním řešením může být dohoda na jmenování nezávislého arbitra, která je součástí kontraktu.

Základní rizika, která lze při výstavbě podzemních objektů identifikovat, lze rozdělit na rizika plynoucí z geologického prostředí a rizika, která lze označit jako technologická. Z hlediska kontraktu jako takového je nutné zmínit i rizika smluvní.

Rizika je nutno rozdělit mezi investora a zhotovitele. V případě, že jsou rizika sdílena, je nutné stanovit způsob sdílení rizik.

Investor by si měl být vědom skutečnosti, že rizika plynoucí z geologických podmínek a jejich změn a z toho plynoucích požadavků na kvalitu zadávací dokumentace jsou součástí jeho zodpovědnosti, a to především ekonomické odpovědnosti. Investor by si tak měl být vědom skutečnosti, že kvalita přípravy přímo ovlivňuje kvalitu provádění staveb, a to včetně všech ekonomických souvislostí a dopadů.

Zhotovitel nese technologická rizika, která úzce souvisejí s jeho podnikatelskými riziky, která plynou z přiměřeného ocenění všech nákladů, správného stanovení nutné doby výstavby a zodpovědnosti za bezpečné provádění.

Hranice mezi inženýringem a dodávkou stavby nemusí být vedena vždy zcela ostře a jednoznačně (investor mnohdy přenáší některé pravomoci a zodpovědnosti související s posledními etapami přípravy na dodavatele; např. stavební povolení pro zařízení staveniště, zodpovědnost za realizační dokumentaci a s ní spojenou fázi doprůzkumu apod.). V těchto případech je obzvláště nutné ošetřit zodpovědnosti obou smluvních stran. Obecně by měla být respektována zásada, že za přípravu stavby zodpovídá investor a za provedení dodavatel. Ve fázi realizace zajistí investor instituty stavebního dozoru a autorského dozoru, které slouží ke kontrole výstavby z hledisek kvantitativních, kvalitativních a ekonomických.

4.3 Požadavky na rozsah a obsah zadávací dokumentace pro výběr dodavatele – rozšíření DSP

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 podrobnější zadávací dokumentace založená na podrobném geologickém průzkumu, tím větší eliminace budoucích rizik. Je však zřejmé i z předchozích odstavců, 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. Přesto lze stanovit jistý základní rozsah zadávací dokumentace pro výstavbu tunelů, který je uveden dále.

- Požadavky a podmínky pro zpracování nabídky (Instruction to tenders)
- Smluvní, obchodní podmínky (Conditions of Contract)
- Projektová dokumentace, zadávací výkresy stavby (Tender Drawings)
- Projektová specifikace, Technické kvalitativní podmínky (Specifications)
- Výkaz výměr (Bill of Quantities)

4.3.1 Požadavky a podmínky pro zpracování nabídky

Tato část zadávací dokumentace obsahuje požadavky, které musí uchazeč splnit, pokud se chce zúčastnit výběrového řízení (např. požadavky na bankovní garance, obchodní záruky, průkaz kvalifikace, požadavky na management kvality, reference atd.). Dokladují se zde výpisy z obchodního rejstříku, seznamy statutárních zástupců, ale také garance prováděných technologií, strojní vybavení apod.

V České republice musí dodavatel mít platné oprávnění k činnosti dle zákona ČNR č. 61/1988 Sb. (činnost prováděná hornickým způsobem), musí prokázat osvědčení pro odborně způsobilé zaměstnance dle vyhlášky ČBÚ č. 298/2005 Sb., a dále autorizované inženýry a techniky dle zákona č. 360/1992 Sb. Zhotovitel by měl rovněž prokázat dostatečné zkušenosti z provádění obdobných staveb (reference), dostatečné personální zdroje, zejména odborně způsobilé zaměstnance s předepsanou praxí a dostatečné strojní kapacity pro NRTM, splňující podmínky o bezpečnosti provozu technických zařízení dle platné legislativy v ČR.

4.3.2 Všeobecné a zvláštní zadávací a smluvní podmínky

V návaznosti na smlouvu o dílo jsou součástí smluvního ujednání zadávací a následně smluvní podmínky, kterými stanovuje investor své požadavky na kvalitu prováděných prací a systém fungování vzájemných vazeb a vztahů při výstavbě, a to jak z hlediska kvalitativních, tak z hlediska zajištění řízení kvality v širším slova smyslu.

Jako evropský standard sloužící k zadání veřejné soutěže lze doporučit Všeobecné a smluvní zadávací podmínky FIDIC nebo určité modifikace vycházející z těchto podmínek.

4.3.3 Projektová dokumentace

Projektová část zadávací dokumentace obsahuje technickou zprávu nebo projektovou specifikaci (případně obojí), výkresovou část a materiálovou specifikaci.

Tato dokumentace by měla obsahovat technické řešení, které musí umožnit změny primárního ostění v reakci na skutečně zastížené podmínky, a výsledky měření. Nejedná se pouze o stanovení příslušných tříd výrubu, ale také o jasné stanovení jednotkových cen jednotlivých prvků primárního zajištění.

Dále je uvedena základní náplň těchto částí:

Technická zpráva

1. *Předmět dokumentace (uvede se charakter stavby – rekonstrukce, novostavba; základní údaje o tunelovém objektu – celková délka, délka hloubených úseků, délka ražených úseků, základní charakteristiky trasy vedené tunelem; metoda ražby a výstavby; základní charakteristiky konstrukce příčného řezu; základní údaje o únikových cestách).*
2. *Podklady (veškeré předcházející stupně dokumentace, veškeré stupně geologického, geotechnického a hydrogeologického průzkumu; údaje o korozním průzkumu a další související podklady, případně oponentní posudky a zprávy).*
3. *Související objekty (seznam veškerých navazujících a souvisejících objektů).*
4. *Změny od předchozího stupně dokumentace (seznam všech změn se zdůvodněním).*
5. *Požadavky na dokumentaci dodavatele (uvedou se požadavky na doplnění dokumentace po výběru dodavatele stavby – především projekt výztuže definitivního ostění včetně statického výpočtu, podrobný projekt izolace, technologické postupy atd.).*
6. *Geologické a hydrogeologické poměry (uvede se komplexní charakteristika s odkazem na podrobné zprávy, výsledky průzkumu, zkoušek a interpretací).*
7. *Navrhované řešení (popis technického řešení včetně údajů o prostorové průchodnosti, předpokladech statického posouzení, návrh světlého tunelového průřezu apod.).*
8. *Portály (uvede se detailní popis konstrukce a postupu výstavby portálů včetně požadavků na dílčí konstrukce – zábradlí, ochranné sítě, požadavků na zásypy – především vzhledem na ochranu izolace).*
9. *Tunelová trouba (uvede se detailní popis konstrukce a postup výstavby v členění na hloubené a ražené úseky; návrh technologie výstavby – ražby).*
10. *Vybavení tunelu (kabelové trasy, suchovod nebo požární vodovod, odvodnění, osvětlení; větrání, značení a bezpečnostní značení v tunelu; u železničních tunelů opatření pro upevnění konstrukce trakčního vedení, zásuvky, ukolejnění, záchranné výklenky, zábradlí – madlo, tvar železničního svršku, požadavky na osazení značek pro měření prostorové průchodnosti trati; u silničních tunelů bezpečnostní zálivy, technologické objekty a vybavení, televizní systém vč. videodetekce, řídicí systém spojení mobilními telefony atd.).*
11. *Izolace (uvede se popis izolace a požadavky na materiál a provádění izolačních prací; požadavky na ochrannou vrstvu atd.).*
12. *Ochrana proti účinkům bludných proudů (popis řešení, veškeré požadavky na měření před započítím stavby, během provádění a po ukončení stavby).*
13. *Geotechnický monitoring (uvedou se požadavky na rozsah geotechnického monitoringu, přehled provedených pasportizací a požadavky na další sledování objektů v zóně indukovaných účinků tunelu; měření deformací; sledování projevů chování horninového masivu).*
14. *Dopady výstavby tunelu na jeho okolí a železniční nebo silniční provoz (požadavky na zábory pozemků, provizorní úpravy, omezení, případně vyloučení provozu atd.).*
15. *Požárně bezpečnostní řešení.*

16. *Návrh koncepce větrání při výstavbě.*
17. *Stanovení vstupních hodnot pro trhací práce a posouzení jejich vlivu na okolní objekty a životní prostředí.*
18. *Likvidace podzemních vod.*
19. *Omezující podmínky pro realizaci díla z hlediska životního prostředí.*
20. *Bezpečnost a ochrana zdraví.*
21. *Normy, vyhlášky a předpisy.*
22. *Seznam příloh (uveďte se seznam všech příloh – výkresy, statické výpočty, doklady).*

Základní geotechnická zpráva

Ať již jako samostatná příloha, nebo jako součást technické zprávy je základní geotechnická zpráva nezbytnou součástí zadávací dokumentace. Základní geotechnická zpráva má shrnout a jednoznačně i srozumitelně interpretovat závěry všech geologických, hydrogeologických a geotechnických průzkumů provedených před zadáním stavby a stanovit mantinely z hlediska geologického pro smluvní ujednání a dělbu, případně sdílení rizik mezi účastníky výstavby.

Přílohy

1. Výkresy stavebního řešení;
2. Geotechnický monitoring (samostatná složka, která je podkladem pro zadání geotechnického monitoringu a dozoru; musí být zpracována v ucelené formě jako jednoznačný podklad pro zadání);
3. Statické výpočty;
4. Požárně bezpečnostní řešení;
5. Ochrana proti účinkům bludných proudů;
6. Výkazy výměr.

Výkresy stavebního řešení obsahují:

1. situace objektu 1:1000 s vyznačením koordinace se souvisejícími stavebními objekty a provozními soubory, předpokládaný rozsah poklesové kotliny (zóny ovlivnění), v případě použití trhacích prací stanovení rozsahu seismických účinků;
2. přehledné výkresy tunelu:
 - půdorys s vykreslením tunelových pásů, bloků betonáže definitivního ostění v členění dle jednotlivých typů (různý tvar, vybavení, odlišné vyztužení atd.) s uvedením kilometráže charakteristických bodů;
 - podélný profil a podélný řez včetně popisu geologie, rozčlenění na pásy, dispozice tunelových výklenků, únikových cest, rozčlenění na třídy výrubu, členění bloků betonáže definitivního ostění, označení typů izolace tunelové trouby, označení vývodů pro korozní měření, označení profilů geotechnických měření, základní údaje sklonů trasy, sklonů odvodnění atd.;
 - charakteristické příčné řezy tunelovou troubou;
 - vztah mezi průjezdním profilem konstrukcí tunelu;
 - vytyčovací výkres;

3. podrobné výkresy tunelu:

- výkopy stavebních jam;
- zásypy;
- šachty pro odvodnění;
- primární ostění tunelu – přehledné výkresy tříd vystrojení tunelového výrubu, způsob členění tunelového výrubu (vertikální, horizontální apod.);
- výkres zajištění raženého portálu – zárodek kaloty, želva, zajištění svahu, opatření prováděná v předstihu (jehlování, deštník) atd.;
- výkresy tvaru definitivního ostění ražených částí (půdorys, příčný řez, podélný řez) včetně zakreslení všech prostupů, chrániček a ostatních prvků vkládaných do bednění před betonáží;
- výkresy tvaru definitivního ostění hloubených částí (půdorys, příčný řez, podélný řez) včetně zakreslení všech prostupů, chrániček a ostatních prvků vkládaných do bednění před betonáží;
- geometrické schéma konstrukce – primární ostění, sekundární ostění;
- výkres izolace včetně detailů;
- kabelové šachty;
- detaily konstrukčních řešení včetně úchytů pro trakční vedení, ventilátory, dopravní značení apod.

Statické výpočty

Statické výpočty musí být zpracovány přehledně tak, aby byla umožněna jejich kontrola nebo vypracování oponentního posouzení. Statický výpočet musí obsahovat detailní popis výpočtového modelu, musí být uvedena metodika výpočtu včetně základního matematického aparátu. Vždy je nutno uvést komplexní údaje vstupující do výpočtu. Statik uvede přehled všech zjednodušení a omezení, která jsou relevantní pro zvolený výpočtový model a způsob výpočtu. Dále má být uveden detailní výstup a posouzení charakteristických řezů.

Ve statickém výpočtu se stanoví mezní hodnoty přetváření, napětí, deformačních změn včetně časového průběhu. Ve statickém výpočtu se uvede a zohlední i rozsah předpokládaného použití technologie ražení a rychlost postupu ražby a provede se statické posouzení objektů a inženýrských sítí v nadloží a blízkosti tunelu.

4.3.4 Projektová specifikace

V České republice jsou projektové a smluvní specifikace zpracovány ve formě Technických a kvalitativních podmínek (TKP), a to zvláště pro pozemní komunikace a zvláště pro stavby státních drah. Tyto specifikace mají všeobecný, závazný a smluvní charakter, mohou a obvykle by měly být dále rozvedeny ve Zvláštních technických a kvalitativních podmínkách (ZTKP), ve zvláštních zadávacích a smluvních (obchodních) podmínkách nebo v projektové dokumentaci.

4.3.5 Výkaz výměr

Výkaz výměr musí být zpracován tak, aby bylo možné jednoznačně, komplexně a uceleně ocenit příslušný objekt tunelu. Metodika pro členění výkazu výměr je buď

určena zadavatelem, nebo se použije některé z obecně užívaných metodik. Výkazy výměr a příslušné specifikace musí být zpracovány jednoznačně, aby jejich ocenění v soutěži bylo jasné a průkazné. Veškeré změny v průběhu stavby je pak možno jednoznačně a jednoduchým způsobem ocenit. Vždy by měla být respektována časová závislost, která ovlivňuje konečnou cenu. Celková vysoutěžená cena u tunelových objektů nemůže být pevná. Způsob vykazování a fakturování má být jednoznačně definován v příslušných smlouvách.

4.3.6 Zadávací dokumentace pro provádění geotechnického monitoringu

Vzhledem ke skutečnosti, že geotechnický monitoring je obvykle zadáván přímo investorem s požadavkem na provádění firmou nezávislou na dodavateli stavby, je třeba vypracovat speciální část zadávací dokumentace pro tuto činnost. Pokud by se investor rozhodl zadat geomonitoring dodavateli stavby, musí být na to pamatováno již při výběru dodavatele v zadání veřejné soutěže.

Zadávací dokumentace pro výběr dodavatele geotechnického monitoringu musí být zpracována takovým způsobem, aby:

- a) byl zajištěn cíl monitoringu definovaný v projektu monitoringu na úrovni DSP;
- b) byly optimalizovány požadavky na co nejnižší cenu a kvalitu prací při realizaci tunelu;
- c) monitoring včetně všech činností, které obsahuje, to je i s kanceláří monitoringu a vyhodnocování, byl prováděn komplexně, to znamená, aby byl za něj jako celek zodpovědný jeden kompetentní subjekt;

Zadávací dokumentace proto musí definovat:

- a) jednoznačné typy měření, počty měření a předběžnou lokalizaci míst měření;
- b) požadavky na přesnost a spolehlivost měření (požadavky na přesnost měřicí techniky);
- c) požadavky na profesní úroveň zpracovatelů monitoringu (autorizace, reference z předcházejících prací, zkušenosti – léta praxe atp.);
- d) garance zhotovitele monitoringu – pojištění, objem stejných prací ve finančním vyjádření prováděných v minulosti, výši finanční jistiny, celkové roční obraty, výše vlastního kapitálu atp.

Součástí požadavku na vypracování nabídky musí být požadavky na vedení kanceláře monitoringu, vypracovávání týdenních, periodických a závěrečných zpráv.

4.4 Činnost technického dozoru investora, resp. stavebního dozoru – výběrové řízení

Pokud investor neprovádí běžně výstavbu tunelových staveb a není vybaven dostatečnými odbornými kapacitami pro přímé řízení takovéto stavby, stavební dozor a činnosti s ním spojené, případně přímo vedení stavby by měly být svěřeny odborné organizaci, která je schopna zajistit profesionální provádění uvedených činností po celou dobu výstavby v nepřetržitém pracovním provozu. Dodávka stavebního dozoru má být předmětem soutěže. V případě, že se investor rozhodne zadat vedení stavby nezávisle na realizátorovi (prováděcí organizaci), jak je to běžné v německy mluvících zemích, měla by tato zakázka být řešena ve spojitosti s dodávkou projektové dokumentace.

Pro rozlišení zástupců investora, kteří jsou přímými zaměstnanci investora a smluvních partnerů, kteří zastupují investora a provádějí pro něho stavební dozor, 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).

5 FÁZE REALIZACE STAVBY



5 Fáze realizace stavby

5.1 Organizační struktura na stavbě

5.1.1 Řízení stavby

Pro zdárné vedení a řízení stavby by měl investor zvážit své personální možnosti – nutné teoretické i praktické znalosti a zkušenosti a dle potřeby:

- zajistit činnost trvalého stavebního dozoru externí organizací;
- supervizi pověřit nezávislou konzultační firmou;
- uzavřít dohodu o řešení sporů (měla by být součástí smlouvy o dílo).

5.1.2 Spolupráce jednotlivých subjektů

Jednou ze základních podmínek pro úspěšnou realizaci NRTM je vytvoření organizační struktury, která umožní aplikaci základních principů této metody. Nejedná se pouze o jednoznačné stanovení povinností, práv a zodpovědnosti jednotlivých subjektů v rámci organizace stavby, ale také o jejich odbornost a kompetentnost.

Veškeré smluvní ujednání a z nich plynoucí vztahy a postupy by měly být průhledné a přizpůsobené potřebné flexibilitě při reagování na skutečné podmínky. Specifické pro NRTM jsou změny postupů i projektu v průběhu ražeb. Zásadou je úzká a profesionální spolupráce investora, zhotovitele a projektanta. Je nutný systémový přístup a vytvoření podmínek a pravidel. Je potřebné zohlednit nutnost okamžité reakce na změněné podmínky.

V praxi by to mělo znamenat, že zástupci investora a zhotovitele denně potvrzují realizaci určité třídy výrubu a operativně aplikují potřebné změny. Jedním z hlavních nástrojů jsou výsledky monitoringů – zejména měření deformací. Denní účast projektanta na této činnosti není nutná. V případě nesouhlasu rozhoduje stavební dozor, který však musí být odborně způsobilý a nést zodpovědnost za provedená rozhodnutí.

V případě vzniku sporu lze využít činnosti předem domluveného arbitra.

5.1.3 Podmínky pro spolupráci jednotlivých subjektů

Vytvoření funkční organizační struktury je samozřejmě jen jednou z podmínek správné aplikace observační metody. Ani sebelepší organizační struktura a snaha všech subjektů nepovede ke správné funkci, pokud proto nebudou vytvořeny smluvní podmínky. Jedná se zejména o jasné a průhledné stanovení jednotkových cen za jednotlivé prvky primárního ostění, tak aby veškeré změny bylo možné jednoduchým způsobem ocenit. Dalším prvkem vstupujícím do této problematiky je časová závislost, která rovněž ovlivňuje konečnou cenu. Je proto jasné, že celková vysoutěžená cena nemůže být pevná a toto musí být jednoznačně definováno v příslušných smlouvách.

5.2 Realizační dokumentace stavby (RDS)

Ve fázi realizace stavby zajišťuje dodavatel, resp. vedení stavby RDS. Ta navazuje na dokumentaci pro zadání stavby, ve které by mělo být jednoznačné technické řešení. RDS by měla rozpracovat pouze detaily (např. výkresy výztuže, dílenské výkresy

detailů). Jinak vše ostatní jako třídy pro zajištění výrubu, členění a vystrojení výrubu již musí být jasné ze zadávací dokumentace, podle které byla zpracována nabídka.

Uvedené stanovisko se značně liší od zavedené praxe, kdy zadávací dokumentace je tvořena částí předchozího stupně a vše řeší RDS.

5.3 Aplikace NRTM na stavbě

5.3.1 Metody rozpojování horniny

Protože NRTM je metodou univerzální, vhodnou do široké škály geologických podmínek, tak i metody pro rozpojování jsou různé:

- Za použití trhavin.
- Bez použití trhavin (strojní rozpojování).

Trhací práce se aplikují ve skalních horninách, buď pro rozpojení plných profilů, nebo pro částečné rozpojení s následným mechanickým rozpojováním

Při mechanickém rozpojování se podle konkrétních podmínek mohou uplatnit frézy na výložníku, hydraulická kladiva (impaktory) na různých podvozcích nebo různé tunelové bagry.

Rozpojování za použití trhavin

Navrtání čela výrubu

Pro navrtání čela výrubu jsou využívány tzv. vrtací vozy s jednou, ale zpravidla více lafetami (rameny s vrtacím zařízením) dle velikosti tunelu, přičemž více- až čtyřlafetové vrtací vozy doplněné ramenem nesoucím manipulační plošinu se používají pro tunely většího průřezu. Čelo výrubu je navrtáváno systémem vrtů dle vrtného schématu, který je odvislý dle zastiženého typu horniny a postupu trhání.

Nastavení lafety vrtacího vozu do pozice k navrtání jednotlivých vrtů dle schématu může být prováděno ručně (tzn. samostatným naváděním každé lafety do vrtací pozice), nebo u posledních typů vrtacích vozů též počítačovým systémem, kde jednotlivá vrtná schémata jsou uložena v paměti počítače a vrtání probíhá polo- nebo plně automaticky. Přesnost vrtů a způsob navrtání výrubu výrazně ovlivňuje dodržení profilu tunelu. Vrty se dělí v zásadě na tzv. záломové v centru čelby – vrtné v menší vzdálenosti, obrysově po obvodu čelby vrtné ve vzdálenosti 0,5 až 0,8 m a ostatní, rozmístěné po čelbě v četnosti 1 vrt/1,0 – 1,5 m².

Trhací práce

Rozpojování hornin se provádí pomocí průmyslových trhavin, kde do jednotlivých vrtů jsou ukládány nálože a následně iniciovány roznětem. Roznět je zpravidla elektrický, ale může být i bleskovicový nebo pomocí zápalnice. Odpal je prováděn osobou s oprávněním střelmistra podle příslušného schématu stanoveného v projektu trhacích prací. Projekt trhacích prací a povolení trhacích prací schvaluje příslušný OBÚ a musí být provedeno v dostatečném předstihu před zahájením ražby tunelu. Jelikož povolení trhacích prací vydává OBÚ konkrétnímu zhotoviteli, lze tento proces zahájit až po výběrovém řízení na zhotovitele stavby. Z tohoto důvodu je vhodné alespoň projekty

trhacích prací (bez povolení) včetně projednání řízení s účastníky výstavby (osoby a organizace dotčené projektem trhacích prací) provést v rámci přípravné fáze projektu před vyhlášením výběrového řízení.

V poslední době se rovněž zpřísňují zákony a vyhlášky upravující oprávnění a manipulaci s průmyslovými trhavinami, a to na základě nebezpečí zneužití těchto trhavin k teroristickým útokům. Z těchto důvodů je nutné u tunelů s větším rozsahem použití trhavin plánovat už v přípravné fázi stavby vybudování skladu trhavin včetně projednání povolení.

Jednotlivé nálože trhavin jsou ukládány do vrtů a časově odstupňovány, aby byl maximalizován účinek trhací práce při co nejpřesnějším dodržení profilu tunelu a minimálním rozletu rubaniny z místa odstřelu.

Nejdříve je zpravidla proveden tzv. „zálom“ v centru čelby s max. výbušnou kapacitou, čímž se uvolní prostor pro přibírání dalších částí výrubu do místa zálohu. Pak následuje postupné přibírání dalších řad vrtů časově oddělených, až v závěru jdou tzv. obrysové vrty na vnějším obvodu, s nejnižší výbušnou kapacitou, které zajišťují přesnost výrubu, a nakonec vrty patní (tzv. spodky) ve spodní části výrubu. Někdy se obrysové vrty buď nenabíjí, nebo se nabíjí ob jeden vrt, případně se použije mezerová nálož s distančními vložkami nebo clonění náloží dřevěnými lištami vloženými do výrubu, vše v závislosti na vlastnostech a chování horninového masivu. Nabité vrty se zpravidla těsní jílovou ucpávkou (šulky). Celý časově oddělený odstřel proběhne ve 2 – 3 sec.

Hlukové a seismické účinky odstřelů mohou způsobit nemožnost používat trhací práci v nočních hodinách tam, kde jsou tunely v blízkosti obydlené zástavby. Seismické účinky odstřelů mohou mít vliv též na různá citlivá průmyslová a kancelářská zařízení umístěná v budovách na povrchu.

V poslední době je v zahraničí využíváno u rozsáhlých tunelů též emulzních, čerpaných – vícesložkových trhavin včetně speciálních mobilních zařízení pro nabíjení vrtů se zásobníkem trhaviny umístěným na podvozku.

Odvětrání

Po provedení odstřelu je nutné pracoviště na čelbě odvětrat pomocí systému odvětrávání, který je nezbytnou součástí každého tunelu a bez něhož nesmí být tunel prováděn.

Používají se tři systémy větrání:

- sací;
- foukací;
- kombinované.

Délka odvětrání je závislá na výkonu ventilátorů, průměru větracího potrubí, průřezu tunelu a vzdálenosti čelby od vyústění větracího potrubí na povrch a od použitého systému větrání.

Nejúčinnější je větrání foukací, kdy se přivádí čistý vzduch na čelbu, ale nevýhodou je, že zplodiny putují přes celou délku tunelu až k portálu. Velmi vhodné je větrání kombinované, které rychle odvane zplodiny z čelby a v určité bezpečné vzdálenosti za čelbou odsává znečištěný vzduch mimo tunel; nejméně účinné je pak větrání sací, které odsává zplodiny přímo z čelby a čistý vzduch je nasáván plným profilem tunelu vpřed na čelbu.

Pro výstavbu tunelu musí být vyhotoven projekt větrání – požadavek báňských předpisů, který předepíše, jakým způsobem bude tunel odvětráván. Zvláštní pozornost – především v městské zástavbě – musí být věnována vyústění luvového tahu na povrchu včetně možnosti znečištění ovzduší v místě vyústění a zvýšení hladiny hluku (protihluková a filtrační opatření). Složení ovzduší v tunelu musí být během výstavby pravidelně monitorováno a výsledky archivovány.

Rozpojování bez použití trhavin

Při rozpojování bez použití trhavin jsou využívány následující mechanismy:

- Frézy na pásovém podvozku s výložníkem (tzv. roadheader) využívané při pevnostech horniny do 50 Mpa. Jsou vhodné do pískovců, jílovců apod.

Výhody lze spatřit ve zpravidla velmi přesném výrubu, snížení nadvýlomů a spotřeby stříkaného betonu, v kontinuálním odtěžování během řezání.

Nevýhodou je velmi vysoký přířkon, omezený rozsah použití z hlediska pevnosti horniny a její proměnlivosti.

- Hydraulické kladivo – impaktor – využití je spíše pro lokální rozpojování a profilaci.
- Tunelbagry – vysoce výkonné bagry s možností natáčení ramene bagru po obvodu dle profilu tunelu využívané pro rozpojování v měkčích horninách (do 30 – 40 MPa) a pro profilaci výrubu.

Po rozpojení výrubu proběhne tzv. profilace a obtrhání čela výrubu – provádí se tunelbagry a impaktory, u malých profilů ručně sbíječkami.

Nakládání rubaniny

U roadheaderů a některých typů tunelbagrů (SHAEFF) probíhá nakládání souběžně s rozpojováním pomocí klepetového nakladače na předku stroje a hřeblového dopravníku přímo do korb demprů přistavených za razicím strojem.

V měkčích horninách lze nakládat rovněž přímo lžící tunelbagru.

V ostatních případech jsou využívány výkonné nakladače většinou kolové, někdy pasové. U tunelů s menším průřezem je požadován boční výklop lžice nakladače.

Odtěžení – odvoz rubaniny

U krátkých tunelů (do 200 m délky) lze vyvázet rubaninu velkoobjemovou lžící nakladače.

U delších tunelů je rubanina vyvážena kolovými demprou zpravidla (pokud nelze uložit v místě) na mezideponii před tunelem (špinavý provoz) a odtud převážena jiným typem dopravy na místo uložení (čistý provoz). Někdy je hornina na portále tunelu předrcena a využita do jiných částí stavby.

V každém případě místo definitivního uložení rubaniny, odvozové trasy, možnost poškození stávajících komunikací, náklady za uložení rubaniny – to jsou otázky, kterými je nutné se zabývat již v přípravné fázi stavby.

Speciální režim má u tunelů kolejová doprava v podzemí. U NRTM se využívá většinou jen u malých tunelů, spíše štol, a podléhá i přísným báňským předpisům pro kolejovou dopravu v podzemí. Vodorovné trať pro lokomotivní dopravu mohou mít sklon pouze menší než 35 mm/m a musí být zachován určitý průjezdný průřez.

Celkově lze říci, že zvláště u dlouhých tunelů a u tunelů malého průřezu je často doprava v tunelu a její logistika limitujícím faktorem pro výkonnost ražby tunelu. Pokud profil tunelu je takový, že dopravní prostředky se nemohou míjet, je nutné vybudovat tzv. výhybny, zpravidla po 250 až 300 metrech.

Mimořádnou pozornost je třeba věnovat stavu počvy – dna tunelu a jejího odvodnění (svod vody do sběrných jímek a čerpání mimo tunel) s ohledem na rychlost dopravy v tunelu.

5.3.2 Členění a vystrojení výrubu

Členění výrubu

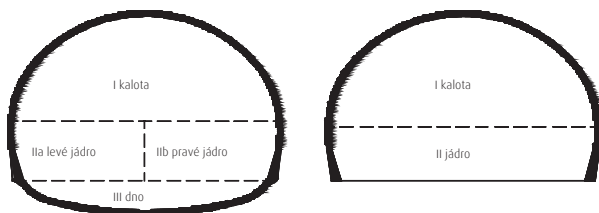
Tunely je možné razit na tzv. plný profil – nečleněným výrubem, nebo je výrub členěn na jednotlivé části, které jsou raženy postupně. Členění výrubu se provádí zpravidla z následujících důvodů:

- geologických a geotechnických (stabilita výrubu, zmenšení plochy čelby, velikost deformací a vliv na nadzemní zástavbu);
- z důvodů prováděcích – akční rádius použité mechanizace – schopnost strojů obsáhnout prostor celé čelby (výška čelby 6 – 7 m, šířka čelby 8 – 12 m).

Členění výrubu se zpravidla dělí na:

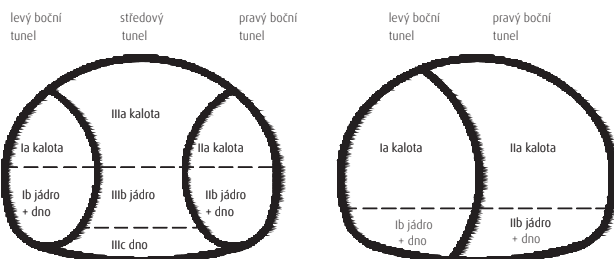
- vodorovné – horizontální členění výrubu (členění kalota, jádro, dno);
- svislé – vertikální členění výrubu (členění na levý a pravý boční tunel, středový tunel, levé a popř. pravé jádro);
- příklady členění výrubu jsou uvedeny na následujících schématech:

Příklady vodorovného členění výrubu



Pozn. : Ia - čísla a písmena označují pořadí provádění výrubu

Příklady svislého členění výrubu



Pozn. : Ia - čísla a písmena označují pořadí provádění výrubu

Vodorovné členění se zpravidla provádí z důvodu prováděcích, popř. z důvodu stability čelby, svislé členění se provádí u tunelů velkých profilů z obojích důvodů – jak prováděcích, tak stabilitních. Svislé členění čelby zároveň výrazně snižuje deformace na povrchu a vliv na zástavbu na povrchu.

Vystrojení výrubu

A) primární obezdívku (provizorní ostění)

B) sekundární obezdívku (definitivní ostění)

5.3.3 Primární ostění (popis a funkce hlavních prvků)

Stříkaný beton

Hlavním zajišťovacím prvkem při NRTM je stříkaný beton, který je dle potřeby vyztužován ocelovými sítěmi s různou velikostí ok a průměrem drátů, nebo rozptýlenou výztuží, tzv. drátkobeton. V případě použití drátkobetonu odpadají zpravidla výztužné sítě, někdy i výztužné oblouky. Důležité jsou různé chemické přísady, zejména urychlovače tuhnutí a tvrdnutí stříkaného betonu.

Výztužné oblouky

Pro NTRM se zpravidla používají příhradové oblouky svařované z betonářské oceli, které umožňují dobré prostříkání a tím spolupůsobení s betonem. V podmínkách vyžadujících větší okamžitou únosnost se používají oblouky z důlní TH výztuže, které umožňují deformace, anebo oblouky z válcovaných ocelových profilů.

Kotvy

K dispozici je řada typů kotev a svorníků, z těch nejběžnějších se jedná o:

SN kotvy – kotvy z hřebínkové oceli aktivované ve vrtu cementovou maltou.

HUS – hydraulicky upínané svorníky – speciálně tvarovaný průřez ocelové trubky, který se pomocí vysokého tlaku vody zvětší, a tím dojde k aktivaci kotvy ve vrtu.

IBO kotvy – vrtná tyč opatřená ztracenou vrtanou korunkou je ze speciální válcované oceli s otvorem uprostřed průřezu, umožňujícím výplach během vrtání a následnou injektáž kotvy.

5.3.4 Doplnková opatření

Důležitou součástí NRTM jsou různá doplnková opatření, která jsou operativně aplikována dle zastižených podmínek.

Jehlování

K zajištění stability přístropí výrubu se používají ocelové jehly, které jsou aplikovány zpravidla přes příhradové oblouky do vrtů v prostoru před čelbu. Používá se hlavně hřebínková ocel délky 3 m až 6 m, s různými přesahy v podélném směru závislejšími na vzdálenosti oblouků a konkrétních podmínkách. Vzdálenost jednotlivých jehel v příčném směru závisí na konkrétních podmínkách, je zpravidla 10 – 20 cm, v určitých případech mohou být jehly i blíže. Pokud je hornina nestabilní a vrty se zavalují, používají se IBO kotvy. V měkkých materiálech je možné jehly zatlačovat, v těchto případech se někdy používají i plošné prvky, zpravidla ocelové pažiny.

Hnané pažení

V nesoudržných materiálech lze obdobným způsobem jako při jehlování zahánět před čelbu plošné prvky (např. pažnice Union). Jako výztužné oblouky je pak nutné použít válcovanou ohýbanou výztuž nebo TH výztuž.

Mikropilotové deštníky

Pro podchody budov, komunikací, železnic a dalších objektů s nízkým nadložím v příportálových úsecích a v dalších specifických situacích se používají mikropilotové deštníky z ocelových trubek. Ty je možné realizovat buď ze zvětšených tunelových profilů, nebo se vrtají z běžného profilu s tím, že se první metry mikropilot uřezávají. Deštníky mohou být injektovány vysokotlakou injektáží, nebo jsou pouze vyplněny cementovou zálivkou. Délky jsou zpravidla 12 – 16 m, vzdálenost jednotlivých mikropilot je 30 – 40 cm.

Kotvení a pažení čelby

Pro zajištění stability čelby lze použít různé typy kotev v kombinaci se stříkaným betonem. Výhodná je aplikace dlouhých sklolaminátových kotev, které nejsou překážkou při následném rozpojování materiálu v čelbě. Výraznou podporou pro stabilitu čela výrubu je horninový klín ponechaný v čelbě při rozpojování a odtěžování.

Injektáže

Klasická injektáž je často používána v kombinaci s mikropilotovými deštníky, pokud se jedná o aplikaci z tunelu. V případě nízkého nadloží lze použít injektáž z povrchu. Obdobné zásady platí i pro tryskovou injektáž, v nesoudržných materiálech se aplikuje např. ve formě horizontálních deštníků prováděných z čelby tunelu.

Speciální metody

Ve specifických a obtížných podmínkách s vysokým stupněm zvodnění horniny nebo zeminy, kde není jistota správné funkce jiných opatření, lze použít zmrazování, nebo ražbu pod přtlakem (keson).

5.3.5 Definitivní ostění

Definitivní ostění tunelu je prováděno proudovou metodou zpravidla v následujícím sledu operací:

Operace potřebné pro provedení def. obezdívky:

- profilace dna tunelu a podklad pod izolaci;
- vybudování drenážního systému za izolací (tam, kde jsou významné přítoky podzemní vody do tunelu);
- provedení izolace dna tunelu;
- betonáž dna tunelu nebo základových patek pod klenbu tunelu;
- profilace primárního ostění klenby tunelu pod izolaci;
- izolace tunelu – deštníková s kvalitním drenážním systémem (bez izolace dna tunelu);

- celoplošná s pojistným systémem, hydrostaticky odolná;
- výztuž def. obezdívky klenby;
- betonáž def. obezdívky klenby tunelu;
- ošetřování betonu;
- v případný nátěr povrchu tunelu.

Volba izolačního systému tunelu je odvislá od umístění tunelu s ohledem na výšku hladiny podzemní vody, výskytu tlakové podzemní vody a možnosti vyvedení drenážního odvodňovacího systému ven z tunelu s přirozeným výtokem podzemní vody do vodoteče nebo kanalizace.

Celoplošná izolace s pojistným systémem, hydrostaticky odolná, je zpravidla navrhována u tunelů umístěných pod hladinou podzemní vody, kde není možné vyvést drenážní systém přirozeným samospádem, popř. u tunelů s výskytem tlakové podzemní vody.

Pro budování def. ostění je používána následující soustava plošin a bednění:

- plošina pro profilaci;
- plošina pro izolaci;
- plošina pro výztuž;
- bednicí vůz – zpravidla 7,5 až 12,5 m dlouhá ocelová pojízdná hydraulicky ovládaná forma se zařízením na postupné betonování (rozdělovač betonu) a se soustavou příložených vibrátorů rozmístěných po obvodu formy;
- plošina pro ošetřování betonu.

Při betonáži klenby tunelu je zejména nutná obezřetnost při dokončení betonáže a tlakování betonu během výplně horní části klenby (pojistné – odfukovací ventily), hrozí zde možnost ať už podtlakování, tj. nedobetonování, nebo naopak přetlakování a následného poškození (deformace) pláště bednicího vozu.

Pokud to není nutné, není vhodné provádět v souběhu s ražbou tunelu i def. ostění, a to z provozních důvodů (doprava v tunelu, montáže a demontáže sítí v tunelu, odvětrání tunelu). Souběh ražby a def. obezdívky zpravidla přináší zvýšené náklady na výstavbu.

5.3.6 Provozní a energetické zajištění výstavby tunelu

Již v době přípravy tunelu musí být pamatováno na zajištění potřebného zázemí pro výstavbu tunelu, jako je prostor pro vybudování zařízení staveniště, energetické připojení apod. Tyto náležitosti by mělo obsáhnout již stavební povolení pro výstavbu tunelu.

Jedná se zejména o:

- přípojku el. energie s dostatečným příkonem;
- zdroj vody pro výstavbu tunelu;
- vyřešení vypouštění odpadních vod z tunelu, a to nejen po dobu výstavby, ale i pro definitivní provoz;
- vyřešení odvodu škodlivých zplodin z odvětrání tunelu po dobu výstavby a u automobil. tunelů i během definitivního provozu;
- dostatečné zázemí na portálu tunelu pro vybudování:
- opravárenského zázemí pro mechanizaci (hala);
- skládky materiálu určeného k zabudování;
- mezideponie rubaniny;

- opatření pro čištění důlních a odpadních vod (sediment. jímky, neutralizační zařízení, lapoly);
- trafostanice;
- kompresorovny;
- umístění ventilátorů (včetně tlumičů);
- umístění nutných kancelářských a skladových kontejnerů.

Pro výstavbu tunelu je nutné uvnitř tunelu vést provizorní rozvody sítí a energetického napojení, mezi něž zpravidla patří:

- lutnový tah pro odvětrání;
- silový rozvod elektrické energie pro napájení mechanizace a čerpání důlních vod;
- rozvod stlačeného vzduchu v tunelu;
- osvětlení tunelu;
- signalizace pro organizaci dopravy v tunelu (pokud je nutná);
- komunikační zařízení (spojení čeleb tunelu s dispečerským místem);
- rozvod technol. vody v tunelu;
- dostatečně kapacitní potrubí pro čerpání důlních vod;
- vedení linky pro provádění elektrických roznětů při trhačí práci.

5.4 Rizika

5.4.1 Hlavní rizika

Rizika při ražbě tunelů nikdy nelze vyloučit. Pracuje se v přírodním prostředí, jehož vlastnosti a chování nelze nikdy dopředu přesně stanovit, vždy se jedná jen o prognózu, kterou teprve ražba definitivně upřesní.

Mezi obvyklá hlavní rizika patří zejména důsledky geotechnických podmínek pro ražbu, které se projevují nestabilitou výrubů. Pokud nejsou včas a správně aplikována potřebná opatření, mohou se projevy nestability rozvinout do nadvýlomů. V závislosti na konkrétních podmínkách a velikosti nadloží mohou nadvýlomy přejít do závalů, které ohrožují i povrch nad tunelem.

5.4.2 Přehled možných rizik při provádění tunelu

- ztráta stability tunelového portálu, zřícení portálu
- zřícení stropu (horninové klenby) tunelu na čelbě, jejímž důsledkem může být:
 - nadměrný nadvýlom
 - propadnutí stropu tunelu až na povrch
- vypadnutí čelby tunelu, nízká stabilita čela tunelu
- růst dna tunelu, zabořování ostění do měkkého podloží při neuzavření dna tunelu
- nadměrný růst konvergencí – svírání profilu tunelu, deformace primárního ostění
- nadměrný přítok podzemní vody do tunelu
- náhlý průval vody, bahna, tekutého písku do tunelu
- výron nebezpečných plynů do tunelu – metan
 - zemní plyn z porušeného potrubí
 - CO₂

- výskyt bludných proudů při používání trhačí práce s el. roznětem
- nadměrné poklesy povrchu nad tunelem a jejich vliv na nadzemní zástavbu a inž. sítě
- seismické účinky a jejich vliv na nadzemní zástavbu a inž. sítě
- stržení (zničení) pramenů vody v okolí tunelu
- poškození a znečištění vodotečí v blízkosti tunelu vypouštěnou důlní vodou, která může mít výrazně změněný chemismus (výluhy z betonu)
- škody způsobené tlakovými injektážemi při zpeňování horninového masivu nebo injektáží kotev (poškození inž. sítí, zvednutí povrchu)
- nevhodně zvolená a provedená izolace tunelu a zatékání do tunelu
- poškození izolace tunelu během následných operací až do provedení definitivní obezdívky
- přetlakování při závěrečné fázi betonáže klenby tunelu (možnost deformace pláště bednicího vozu)

5.4.3 Opatření pro řízení rizik

Geotechnickým rizikům lze předcházet především tím, že budou včas identifikována. Prvním úkolem je proto provádění rizikových analýz, průběžné zpracovávání a upřesňování pravděpodobnosti vzniku nežádoucích jevů při ražbě, důkladným monitoringem a včasným přijímáním technických, bezpečnostních a technologických opatření, majících za úkol udržet chování systému v projektovaných mezích. Samozřejmý je správný návrh primárního zajištění a doplňkových opatření ve fázích zpracování přípravné dokumentace, ve fázi provádění je zásadním faktorem pro řízení/snižování rizik důsledné dodržování správných technologických postupů a zásad. Technologické postupy a havarijní plány jsou úkolem zhotovitele, který je musí zpracovat v souladu s příslušnými baňskými předpisy. Dodržování je nutné důsledně kontrolovat investorem (zpravidla jeho technickým dozorem).

Proto je velmi důležité zajištění trvalého dozoru s potřebnými znalostmi a zkušenostmi a zároveň mít potřebnou organizační strukturu, aby závěry z provádění kontrol byly důsledně uváděny do pracovního procesu.

Jako ochrana investora proti riziku zvýšených nákladů z neoprávněných nároků třetích stran slouží pasportizace. Její provedení zajišťuje investor u nezávislé organizace.

Při stanovení a řízení rizik se v podstatě jedná o obecně známé principy a zásady, je ale potřebné mít systém pro jejich důsledné sledování a aplikování. Takový systém je popsán v části 5.4.4.

5.4.4 Směrnice pro stanovení a řízení rizik (Velká Británie)

První ucelený dokument, který se zabývá stanovením, kontrolou a řízením rizik je materiál pod názvem „The Joint Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works in the UK“, který byl publikován britskou tunelářskou společností (dále jen BTS) v září 2003 ve Velké Británii. V kódu jsou obsaženy některé důležité zásady, které mohou pomoci správnému přístupu k identifikaci, řízení a eliminaci rizik.

Kód vznikl za spolupráce asociace britských pojišťoven (zajišťoven) a BTS. Důvodem byly některé velké pojistné události, zejména kolaps při výstavbě rychlodráhy „Heathrow Express“, které znamenaly pro zajišťovny velké ztráty.

Velké pojistné události prodražují výstavbu tunelů, proto se v UK vytvořením kódu snaží přinutit všechny zúčastněné strany ke správnému a jednotnému přístupu při identifikaci, ohodnocení a eliminaci rizik. Použití kódu je povinné pro všechny tunely s náklady vyššími nežli 1 mil. liber, což je většina tunelových projektů. Pojišťovny tedy stanovily minimální standard pro metodiku stanovení a řízení rizik.

Proces určení rizik a jejich řízení probíhá podle následujících fází:

- Identifikace rizik pomocí jejich zhodnocení;
- Kvantifikace rizik včetně dopadů na cenu a dobu výstavby;
- Identifikace akcí na eliminaci rizik;
- Identifikace metod na řízení rizik;
- Rozdělení rizik mezi jednotlivé subjekty;
- Riziko je definováno jako násobek neboli souběh pravděpodobnosti důsledku (ve finančním vyjádření) výskytu nežádoucího jevu a pravděpodobnosti výskytu nežádoucího jevu;
- Důležitým požadovaným dokumentem je tzv. registr rizik, což je otevřený dokument (je možné a potřebné ho i během výstavby neustále doplňovat), který jasně definuje, komu riziko patří, jak je riziko řízeno a zmenšováno. Registr je v systému kontroly kvality a jako takový musí být auditován;
- Důležitým prvkem je stanovená povinnost investora mít dostatečnou znalost dané problematiky. Pokud tuto znalost nemá k dispozici u vlastních pracovníků, je jeho povinností si najmout organizaci, která požadavek splňuje;
- Povinnost investora je rovněž mít v přípravné fázi projektu dostatečné finanční a časové zdroje; pokud tomu tak není, může být pojištění odmítnuto, a tím projekt nemůže jít do realizace;
- V kódu je ustanovení o povinném předávání údajů projektanty, kteří zpracovávají jednotlivé fáze projektové dokumentace včetně ohodnocení a registru rizik.

Rozdělení rizik bylo náplní jedné z pracovních skupin mezinárodní tunelářské asociace ITA/AITES. Tato pracovní skupina se už od roku 1977 zabývala složitou problematikou uzavírání tunelových kontraktů z hlediska rizik, která jsou v odvětví podzemních staveb větší nežli v jiných odvětvích stavebnictví. Po mnoha letech práce na této problematice skupina vydala devatenáct doporučení, která jsou přeložena a veřejně publikována.

5.5 Monitoring

5.5.1 Realizační projekt monitoringu

Realizační projekt monitoringu rozpracovává podle zadávací dokumentace zhotovitel monitoringu. Jeho podstatnou částí, kterou doplňuje zadávací dokumentaci, je plán organizace a hodnocení měření, fungování kanceláře monitoringu a varovných stavů.

Obvyklou náplní geomonitoringu na stavbě tunelu jsou tato měření a sledování:

- h) inženýrskogeologické sledování čelby i inženýrskogeologická dokumentace při provádění portálových a příportálových úseků;
- i) měření deformací svahů hloubených úseků;
- j) konvergenční měření;
- k) měření poklesů povrchu terénu;

- l) extenzometrická měření ve vrtech z povrchu terénu nebo v tunelu;
- m) inklinometrická měření ve vrtech z povrchu;
- n) měření změn poloh hladiny podzemní vody v pozorovacích vrtech;
- o) měření napětí na kontaktu hornina – primární ostění.

5.5.2 Provádění monitoringu

Vybudování monitorovacího systému spočívá ve:

- stanovení měřidel;
- ověření správné funkce měřidel před osazením, případně jejich kalibrace;
- osazení měřidel, vybudování celého měřicího systému včetně kanceláře monitoringu a centrální databáze dat;
- uvedení systému monitoringu do chodu, nulová čtení;
- návrhu způsobu zpracování dat;
- vytvoření datové báze a skladování naměřených dat.

Vlastní monitoring spočívá ve:

- sběru dat;
- dálkovém přenosu dat z databáze k uživatelů (účastníkům výstavby);
- udržování a kalibrování měřidel podle připraveného projektu;
- zpracování a prezentaci sebraných dat;
- hodnocení dat a posuzování výsledků s hodnotami stanovenými pro varovné stavby;
- návrzích na případné doplnění systému monitoringu a změnu jeho časového režimu;
- přijímání rozhodnutí na základě výsledků měření;
- provádění technicko-bezpečnostních opatření, souvisejících s varovnými stavby.

Hodnocení měření

Inženýrské zhodnocení musí vždy provést k tomu určený specialista. Ve složitých případech může být pro tento účel ustavována rada monitoringu zastupující všechny kompetentní účastníky výstavby.

Při posuzování a hodnocení naměřených hodnot bývá nejcitlivější úlohou vyloučení nepravděpodobných a neobvyklých hodnot. Často se setkáváme se sklonem vylučovat je z dalšího hodnocení bez hlubšího rozboru. To může být nebezpečné, protože právě taková data mohou být znamením závažných změn v chování systému ostění – horninový masiv. Vedle hledání příčin neobvyklých hodnot a chyb měření je proto vždy nutné stejně důsledně hledat i případnou novou hypotézu přetváření horninového masivu, která by srozumitelně vysvětlila na první pohled nepravděpodobná data.

Do databáze je nutné ukládat všechna data tak, jak byla bezprostředně změřena a byla zaznamenána v primární dokumentaci, a to bez jakékoliv úpravy. To je nutné, aby se k nim bylo možné vrátit v případě pozdějších pochybností. Teprve před zpracováním pro hodnocení je možné data upravovat. Úpravami mohou například být vylučování krajních hodnot, průměrování, různé způsoby filtrace dat atp.

V případě, že se na monitoringu podílí více poddodavatelů, je obvykle obtížně dosažitelné předávání primární dokumentace do jednotné ústřední databáze. Žádný subjekt, který provádí měření, totiž nechce předat nepravděpodobná data nebo data, u nichž nelze vyloučit omyl. Pokud se do ústřední databáze dostanou již upravená data, jedná

se o závažnou chybu. Ta může mít nežádoucí důsledky při rozbořech neobvyklého či neočekávaného chování masivu, hledání jeho příčin atp.

Z tohoto hlediska je vždy vhodnější, když za veškerá základní měření v rámci jednoho systému monitoringu odpovídá a popř. i provádí týž subjekt. Ten má nejlepší možnost při porovnávání výsledků různých druhů měření posuzovat, zda při zaznamenané odchylce v hodnotě sledované veličiny jde o chybu, nepřesnost nebo o skutečně neočekávané chování ostění, horninového masivu atp.

Analýza chyb měření

Součástí hodnocení je ověření, zda výsledky měření jsou homogenní. To znamená, zda podmínky, za kterých měření probíhalo, byly neměnné. Náhlá změna vnějších podmínek a měření může znamenat, že ovlivnění je tak silné, že výsledky před a po této změně je třeba hodnotit odděleně. Takovou náhlou změnou podmínek může být nová kalibrace přístroje, změna technologického postupu ražby, atp.

Sledování během ražeb tunelu

Geotechnické sledování v průběhu ražeb tunelu zahrnuje práce potřebné k řešení geotechnických problémů vznikajících v průběhu výstavby, porovnávání závěrů předchozích etap průzkumu s poznatky při vlastní stavbě, konzultační odbornou spolupráci se stavebním dozorem a zhotovitelem stavby. Jeho hlavní pracovní náplní je geotechnický popis čeleb, geologická dokumentace podle vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., a hodnocení výsledků monitoringu. Hlavními pracovními metodami jsou:

- dokumentace dočasných odkryvů, zejména čeleb, stěn podzemních objektů u portálů a pod.;
- odebrání kontrolních vzorků hornin z čeleb, případně ověřovací zkoušky jejich vlastností;
- soustavné porovnávání závěrů předchozích etap průzkumu a poznatků získaných během ražeb a příprava doporučení k technickým doporučením k úpravám technologie ražeb a ostění;
- monitoring (kontrolní sledování), tj. přímá měření reakce horninového masivu na postup ražeb za účelem doporučení případných korekcí pro realizaci dalšího postupu ražeb tunelu.

5.5.3 Inženýrské rozhodování – Koncept varovných stavů

Varovný stav je možno definovat jako takovou kvalitativní či kvantitativní změnu v chování monitorovaného systému, která je podnětem pro přijetí určitých opatření nezbytných pro udržení chování sledovaného systému v přijatelných mezích daných projektem.

Tato opatření se přijímají v oblasti vlastního monitoringu, úprav prováděcího projektu vystrojení tunelu, způsobu ražeb (délka záběru, počet a druh kotev, délka pracovní fronty před uzavřením spodní klenby atd.).

V souvislosti s varovnými stavy jsou používány pojmy:

- stupeň varovného stavu;
- kritérium varovného stavu.

Stupeň varovného stavu je určitý stav v chování sledovaného systému, který má vztah k stanovenému cíli monitoringu. Čím vyšší stupeň varovného stavu, tím větší je geotechnické riziko a horninový masiv má blíže ke ztrátě stability.

Kritéria varovného stavu jsou exaktně nebo empiricky předem stanovené hodnoty sledovaných veličin, souvisejících s příslušným stupněm varovného stavu (např. dosažená velikost přetvoření, rychlost přetvoření apod.).

Při navrhování konkrétních stupňů varovných stavů a kritérií pro posuzování, zda byly dosaženy, se v každém jednotlivém případě musí vycházet především z rozboru a hypotézy přetváření sledovaného horninového prostředí, a to ve vztahu k existujícímu geotechnickému riziku.

5.5.4 Hodnocení výsledku měření monitoringu a rozhodovací proces

Hodnocení výsledků monitoringu a přijímání rozhodnutí na základě těchto hodnocení se děje na pravidelných poradách, kterých se účastní kompetentní zástupci všech účastníků výstavby (autorský dozor projektanta, dodavatel, technický dozor investora, popř. externí expert, dodavatel monitoringu atd.).

Smyslem těchto porad je, aby s výsledky monitoringu a s jejich hodnocením, případně s návrhy na další postup, byli seznámeni všichni účastníci výstavby. Tyto výsledky a návrhy si vzájemně oponují a všechny zúčastněné strany se mohou k dalšímu postupu ražeb vyjádřit, každá v rámci svých kompetencí. Cílem je, aby bylo pokud možno dosaženo shody všech. Nicméně odpovědnost za přijaté rozhodnutí má každý účastník výstavby sám za sebe a vyplývá ze smluvních dohod uzavřených na zakázce.

V případě, že se nedojde k jednotnému závěru, postupuje se v pracovním pořádku stavby a konečné rozhodnutí může mít podle povahy řešeného problému a s přihlédnutím k uzavřeným smlouvám zpravidla buď zástupce investora, nebo zástupce zhotovitele.

Dodavatel monitoringu připravuje pro tento rozhodovací proces standardní výstupy a hodnocení z měření. Připravuje hodnocení výsledků měření s ohledem na kritéria varovných stavů, celkové komplexní hodnocení napětídeformační interakce tunelového ostění, povrchu terénu i deformací nadzemní zástavby. Předkládá i návrhy na další postup. Na požádání kteréhokoliv účastníka výstavby může připravit podrobnější analýzy uzpůsobené pro vytyčený problém, který je předmětem jednání porady.

Konečné závěry se pak přijímají s přihlédnutím k dalším kritériím (technologie, bezpečnost, statika, časový harmonogram, ekonomické důsledky, smluvní vztahy, právní dopady, společensko-sociální dopady atp.) Výstupy z těchto porad často mohou vést k vícepracím, zvýšení finančních nákladů na stavbu. Je nesmírně důležité, aby rozhodnutí byla přijímána co nejrychleji, a aby porady o výsledcích monitoringu byly logickou součástí pracovních výborů či porad organizovaných pro řízení stavby.

Název NRTM je v České republice nejvíce vžitý, proto jej tento dokument používá, i když je obecně známo, že pro tuto metodu existuje řada národních názvů („metoda stříkaného betonu“ v Německu a ve Švýcarsku; „metoda ostění ze stříkaného betonu“ v Anglii apod.).