

TP-237

MINISTERSTVO DOPRAVY
ODBOR POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ A ÚZEMNÍHO PLÁNU

Technické podmínky



**Geotechnický monitoring tunelů
pozemních komunikací**

Schváleno: MD-OPK a ÚP č.j. 378/2011-910-IPK/1
ze dne 14.6.2011 s účinností od 1. července 2011

Praha květen 2011



O B S A H

1. Úvod

1.1. Všeobecné

- 1.1.1. Vydavatel
- 1.1.2. Základní východisko

1.2. Rozsah platnosti

- 1.2.1. Tunely
- 1.2.2. Průzkumné štoly
- 1.2.3. Tunely ražené pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů
- 1.2.4. Stavební objekty a životní prostředí v dosahu dotčených tunelů
- 1.2.5. Měření, pro která tyto TP neplatí

1.3. Vymezení pojmů

- 1.3.1. Monitoring
- 1.3.2. Instrumentace
- 1.3.3. Zhotovitel monitoringu
- 1.3.4. Dokumentace monitoringu
- 1.3.5. Zadávací dokumentace monitoringu
- 1.3.6. Realizační dokumentace monitoringu
- 1.3.7. Zadavatel monitoringu
- 1.3.8. Kancelář monitoringu
- 1.3.9. Kontrolní den monitoringu
- 1.3.10. Odlišné geotechnické podmínky
- 1.3.11. Geologická dokumentace
- 1.3.12. Geotechnická dokumentace
- 1.3.13. Nultá a počáteční měření
- 1.3.14. Aktuální, ustálené a konečné hodnoty měřených veličin
- 1.3.15. Metrologické pojmy

1.4. Cíle monitoringu

- 1.4.1. Základní cíle monitoringu
- 1.4.2. Konkrétní cíle monitoringu

1.5. Prostředky monitoringu

1.6. Monitoring a řízení rizik

- 1.6.1. Definice rizika
- 1.6.2. Monitoring a řízení rizik
- 1.6.3. Nežádoucí jevy při ražbě tunelu
- 1.6.4. Pravděpodobnost vzniku nežádoucích jevů a monitoring

2. Instrumentace

2.1. Všeobecně

2.2. Měřené veličiny

- 2.2.1. Měření deformací
 - 2.2.1.1. Měření deformací výrubu
 - 2.2.1.2. Měření deformací horninového masivu v okolí výrubu ve vrtech
 - 2.2.1.2.1. Extenzometry
 - 2.2.1.2.2. Inklinometry
 - 2.2.1.2.3. Klouzavé deformetry
 - 2.2.1.3. Trigonometrické měření, měření optickými totálními stanicemi
 - 2.2.1.4. Měření deformací na povrchu

- 2.2.1.4.1. Nivelace na povrchu terénu
- 2.2.1.4.2. Měření náklonů
- 2.2.1.4.3. Hydrostatická nivelace
- 2.2.1.4.4. Měření trhlin na objektech
- 2.2.2. Měření napětí v ostění tunelu
 - 2.2.2.1. Měření tlaku na kontaktu hornina- primární ostění tunelu
 - 2.2.2.2. Přímé měření napětí v betonu primárního ostění
 - 2.2.2.3. Nepřímé měření napjatosti ostění strunovými deformetry
- 2.2.3. Měření sil v kotvách
- 2.2.4. Měření seismických, dynamických a akustických účinků
- 2.2.5. Měření teploty
- 2.2.6. Měření vodního režimu
 - 2.2.6.1. Změny polohy hladiny podzemní vody v horninovém masivu
 - 2.2.6.2. Měření hydrostatického tlaku na ostění tunelu
 - 2.2.6.3. Měření přítoků vody do tunelu
 - 2.2.6.4. Měření pórových tlaků
 - 2.2.6.5. Měření chemismu vody

3. Provádění monitoringu

3.1. Obecné zásady

3.2. Projektování monitoringu na úrovni DSP a DZS

- 3.2.1. Zpracování dokumentace monitoringu
- 3.2.2. Základní hypotéza mechanismu přetváření
- 3.2.3. Technicko ekonomický rozbor, analýza geotechnických rizik
- 3.2.4. Posloupnost kroků při zpracovávání dokumentace měření a hodnocení výsledků
- 3.2.5. Výběr veličin, které mají být měřeny
- 3.2.6. Výběr typu měřicího zařízení
- 3.2.7. Situování měřických profilů a bodů
- 3.2.8. Návrh četnosti (frekvence) měření
- 3.2.9. Rozsah a komplexnost měření

3.3. Budování systému monitoringu

- 3.3.1. Etapy budování systému monitoringu
- 3.3.2. Dodávka měřidel
- 3.3.3. Ověření správné funkce měřidel, kalibrace
- 3.3.4. Osazení měřidel a nulté čtení
- 3.3.5. Zprovoznění kanceláře monitoringu
- 3.3.6. Zpráva o vybudování systému monitoringu

3.4. Sběr, skladování a zpracování měřených dat

- 3.4.1. Obecné zásady
- 3.4.2. Ruční sběr dat
- 3.4.3. Automatický sběr dat
- 3.4.4. Primární data

3.5. Skladování a transport změřených dat k uživatelům

3.6. Zpracování a prezentace dat

- 3.6.1. Obecné zásady
- 3.6.2. Grafické znázorňování dat

3.7. Součinnost účastníků výstavby při provádění monitoringu

- 3.7.1. Zásady
- 3.7.2. Kompetence jednotlivých účastníků výstavby při provádění monitoringu

- 3.7.3. Provázanost smluvních vztahů mezi účastníky výstavby a zhotovitelem monitoringu

3.8. Typické úlohy při monitoringu výstavby tunelu

- 3.8.1. Reakce horninového masivu a ostění tunelu na ražbu
- 3.8.2. Monitoring portálů tunelu a jeho okolí
- 3.8.3. Monitoring vlivu ražby na sousední podzemní objekty
- 3.8.4. Monitoring vlivu geologických anomálií
- 3.8.5. Monitoring průběhu poklesové kotliny, objektů na povrchu terénu a povrchové zeleně
- 3.8.6. Monitoring při přerušení ražeb a při technologických přestávkách
- 3.8.7. Monitoring hloubených tunelů
- 3.8.8. Monitoring při zmáhání mimořádných událostí

3.9. Geotechnické hodnocení horninového masivu při monitoringu tunelu

- 3.9.1. Definice geologických a geotechnických prací při monitoringu ražby tunelu
- 3.9.2. Cíl geotechnického sledování horninového masivu v průběhu ražeb tunelu
- 3.9.3. Obsah geotechnické dokumentace čeleb a nezajištěné části výrubu
- 3.9.4. Zařďování hornin a tunelářské klasifikace
- 3.9.5. Hodnocení odlišnosti geotechnických podmínek stavenišť
- 3.9.6. Vztah k báňským předpisům - vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb.
- 3.9.7. Česká geologická služba (Geofond)

4. Hodnocení monitoringu

4.1. Kancelář monitoringu

- 4.1.1. Funkce kanceláře monitoringu
- 4.1.2. Klíčoví pracovníci zhotovitele monitoringu
- 4.1.3. Součinnost kanceláře monitoringu s technickým dozorem investora

4.2. Kontrolní dny monitoringu (KDM)

4.3. Varovné stavy a základní charakteristika souvisejících opatření.

- 4.3.1. Základní principy
- 4.3.2. Stupně varovných stavů
- 4.3.3. Kritéria varovných stavů a charakteristika souvisejících opatření
- 4.3.4. Stav vysoké míry bezpečnosti
- 4.3.5. Stav přípustných změn
- 4.3.6. Stav mezní přijatelnosti
- 4.3.7. Kritický stav
- 4.3.8. Havarijný stav
- 4.3.9. Některé zásady pro hodnocení varovných stavů

4.4. Zásady hodnocení výsledků monitoringu

4.5. Přijímaná opatření

5. Zajištění monitoringu

5.1. Obecná ustanovení

- 5.1.1. Zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu
- 5.1.2. Kritéria varovných stavů v zadávací dokumentaci monitoringu

5.2. Výběrové řízení na zhotovitele monitoringu

- 5.2.1. Požadavky na instrumentaci
- 5.2.2. Požadavky na odbornou úroveň personálu a zhotovitele monitoringu

5.3. Rozpočet monitoringu a jeho financování

- 5.3.1. Definice rozsahu prací monitoringu v zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele monitoringu
- 5.3.2. Referenční rozpočet monitoringu tunelu
- 5.3.3. Rezerva rozpočtu monitoringu tunelu kontrolovaná objednatelem stavby
- 5.4. Zásady zpracovávání realizační dokumentace monitoringu**
- 5.5. Archivace výsledků měření po dokončení ražeb**
- 5.6. Návaznost monitoringu během provozování tunelu**
 - 5.6.1. Obecné zásady
 - 5.6.2. Cíle monitoringu za provozu tunelu
 - 5.6.3. Vizuální prohlídky
 - 5.6.4. Měření
 - 5.6.5. Archivace výsledků monitoringu během provozu tunelu

6. Související a citované normy

7. Související zákony a závazné právní předpisy

8. Použitá a citovaná literatura

9. Použité zkratky



1. Úvod

1.1. Všeobecně

1.1.1. Vydavatel

Tyto Technické podmínky (dále jen TP) vydalo Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací a územního plánu v květnu 2011.

Stanovují závazná pravidla provádění geotechnického monitoringu při přípravě a výstavbě silničních, dálničních a městských tunelů pozemních komunikací (dále jen monitoring).

Navazují na Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací kapitulu 1 „Všeobecně“, kapitolu 7, „Tunely, podzemní objekty a galerie“, Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitolu 24, „Tunely“ příloha P.5. Dále na TP 154, „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“ a TP-76/C „Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů pozemních komunikací“.

Respektují vyhlášku ČBÚ č. 55/1996 Sb. a zákon č. 62/1988 Sb. o geologických pracích v platném znění. Viz čl. 3.9.1 a 3.9.6.

Použitá terminologie odpovídá předpisům MD ČR pro TKP a TP dopravních staveb a pravidla FIDIC.

Kromě silničních tunelů se tyto TP vztahují i na monitoring podzemních děl s výstavbou tunelů souvisejících (vzduchotechnické a technologické podzemní ražené prostory, únikové nebo přístupové štol, šachty apod.). V přiměřeném rozsahu se monitoring vztahuje i na sledování chování stavebních jam a portálů a sledování hloubených úseků tunelů a to včetně nosné konstrukce a jejího zásypu během a po skončení přitížení nadnásypem, případně i během provozu tunelu.

1.1.2. Základní východisko

Monitoring je nedílnou součástí výstavby každého podzemního díla. Podmiňuje jeho bezpečnou a zároveň ekonomickou ražbu. Umožňuje výstavbu s použitím prvků observační metody, kdy se postup výstavby a realizační dokumentace ražeb upravuje podle skutečného chování systému ostění tunelohornina.

Zhodnocené výsledky monitoringu umožňují úpravu původních předpokladů projektu a jsou podkladem pro upřesnění vstupních parametrů geotechnických výpočtů v dalším průběhu výstavby. Monitoring umožňuje zpřesnění prognózy dalšího chování horninového masivu a jeho reakce na ražbu podzemního díla. Vytváří tak předpoklady pro přijímání vhodných opatření pro optimalizaci požadavků na bezpečnost, kvalitu a ekonomiku výstavby.

Signalizuje s předstihem stavy, které mohou vést ke vzniku mimořádných událostí. Zvyšuje tak bezpečnost prací a na minimum snižuje vícepráce, vícenáklady a prodlužování doby výstavby z důvodů vzniku mimořádných událostí. V tomto smyslu je monitoring také nedílnou součástí řízení rizik v průběhu výstavby tunelu.

Monitoring je také významným příspěvkem k prohloubení obecných znalostí o chování systému podzemní stavební konstrukce – horninový masiv, využitelných při každém dalším projektu tunelu.

Smyslem těchto TP je poskytnout investorům, správcům staveb, stavebním dozorům, projektantům, zhotovitelům podzemního díla, geotechnickým konzultačním firmám a zhotovitelům monitoringů pravidla pro účinné a profesně správné provádění monitoringu a to na základě aktuálních znalostí z dosavadní praxe.

TP rovněž předepisují organizování a řízení monitoringu a jeho začlenění do struktury řízení rizik a řízení celé stavby tunelu.

1.2. Rozsah platnosti

1.2.1. Tunely

Tyto TP platí pro návrh a provádění monitoringu všech tunelů pozemních komunikací a podzemních děl s nimi souvisejících v průběhu výstavby. V přiměřeném rozsahu se vztahují i pro monitoring těchto děl v průběhu jejich provozování. Viz kap. 5.6.

Při zpracování TP se vycházelo ze zkušeností s dosavadním prováděním monitoringů dálničních, silničních, železničních i městských tunelů, budovaných konvenčními tunelovacími metodami s využitím observačního přístupu v ČR a z doporučení mezinárodní tunelářské asociace ITA-AITES. Viz kap 7.

Konvenčními metodami se rozumí ražba, při které se v definovaném sledu cyklicky opakují jednotlivé činnosti, jako jsou rozpojování horniny, odtěžování, zajišťování stability výrubu atd., například „Nová rakouská tunelovací metoda“, „Adeco-RS“, „SCL“ (ražba s ostěním ze stříkaného betonu), metoda obvodového vrubu apod..

1.2.2. Průzkumné štoly

Požadavky na monitoring průzkumných štol, prováděných v rámci geotechnických průzkumů pro přípravu tunelů, se přiměřeně upraví zejména podle cílů průzkumných prací, dále pak podle velikosti profilu průzkumné štoly, technologie ražby a geologických poměrů, ve kterých je průzkumná štola ražena.

Návrh geotechnického monitoringu v průzkumných štolách je nutno konzultovat s projektantem tunelu za účelem získání jím požadovaných konkrétních informací o chování horninového masivu při ražbě, potřebných pro bezpečný a ekonomický návrh tunelovací metody a zajištění stability výrubu projektovaného podzemního díla. Respektují se požadavky TP 76-C a podmínky uvedené v kap. 3.9. těchto TP.

1.2.3. Tunely ražené pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů

Při tunelování plnoprofilovými tunelovacími stroji (TBM a štíty) se požadavky uvedené v těchto TP vhodně upraví podle typu použitého stroje a jeho specifických požadavků na sledování stroje během ražeb a sledování objektů v nadloží.

1.2.4. Stavební objekty a životní prostředí v dosahu dotčených tunelů

Předmětem těchto TP je i monitoring všech objektů ovlivněných ražbou tunelů. Především se jedná o:

- dotčené objekty nadzemní zástavby, inženýrské sítě, komunikace
- podzemní objekty v dosahu vlivu raženého tunelu
- portály tunelů, portálové jámy včetně přilehlého okolí
- podzemní vodu a vodní režim, jakož i dopady změn režimu podzemní vody na objekty v nadloží

1.2.5. Měření, pro která tyto TP neplatí

Předmětem těchto TP nejsou:

- kontrolní a průkazní zkoušky stavebních materiálů a zkoušky typů
- vytyčování a kontrola směrového vedení tunelu
- zaměřování profilů výrubu a ostění tunelu
- záznamy skutečného provedení stavby

1.3. Definice pojmů

1.3.1. Monitoring

Monitoring je souhrn činností směřujících k zjišťování aktuálního stavu spolupůsobení systému ostění - hornina v okolí výrubu ovlivněném ražbou a ke sledování vývoje tohoto stavu v čase. Slouží pro návrh opatření k zajišťování stability výrubu, přípustných deformací výrubu i nadloží, k žádoucímu ovlivňování hydrogeologických poměrů, k nepřekračování projektem stanovených kritérií a k ověřování účinnosti k těmto účelům přijímaných opatření. Viz též TKP-D, kap. 7, čl. 7.1.2.

Cílem monitoringu je především prognózování dalšího vývoje chování sledovaného systému na základě posouzení jeho předchozího vývoje a zhodnocení geomechanického modelu horninového prostředí, ve kterém je tunel ražen.

Monitoring je komplexní činnost, na které se kromě zhotovitele monitoringu a investora (správce stavby), podle svých kompetencí ve smyslu stavebního zákona, platných vyhlášek, technických podmínek a uzavřených smluv s objednatelem účastní i ostatní účastníci výstavby. Především projektant stavby, zhotovitel stavby, případně i objednatelem přizváni nezávislí experti. Více viz kap. 3.7.

1.3.2. Instrumentace

Instrumentace jsou měřické body (vrty apod.), měřidla a přístrojová technika používaná při monitoringu.

K instrumentaci patří i instalace a kalibrování měřických zařízení, jejich udržování ve stavu umožňujícím spolehlivé a dostatečně přesné výsledky měření.

1.3.3. Zhotovitel monitoringu

Zhotovitel monitoringu je právnická osoba s oprávněním k provádění geotechnických prací, disponující v potřebném rozsahu přístrojovou technikou a zkušeným odborným personálem nutným pro provádění monitoringu podle realizační dokumentace monitoringu a komplexní interpretaci jeho výsledků. Viz též kap 5.1.1. těchto TP a kap. 7, čl. 7.1.2. TKP-D.

1.3.4. Dokumentace monitoringu

Dokumentací monitoringu je soubor písemné a výkresové dokumentace, která definuje jednoznačně cíle monitoringu, jeho prostředky, rozsah monitoringu co do metod, počtu a situování měřických profilů i četnosti měření, technicko kvalitativní podmínky pro jeho provádění (požadavky na spolehlivost, přesnost měření, organizaci a řízení), způsob interpretace výsledků a přijímání opatření včetně kontroly jejich účinnosti.

Dokumentace monitoringu tunelu je zpravidla součástí DSP stavby. Je také závaznou přílohou zadávací dokumentace pro výběr zhotovitele stavby, aby ten mohl při zpracování své nabídky prací zohlednit nutné technologické přestávky, součinnost se zhotovitelem monitoringu a další opatření pro provádění předepsaných měření.

1.3.5. Zadávací dokumentace monitoringu

Zadávací dokumentace monitoringu je dokumentace monitoringu upravená a doplněná pro účely výběrového řízení na zhotovitele monitoringu. Obsahuje podrobné technicko kvalitativní podmínky provádění měření i kvalifikační kritéria pro výběr zhotovitele monitoringu.

Zadávací dokumentace pro výběr zhotovitele monitoringu ale zásadně nepředepisuje výrobce měřicí či jiné techniky či softwaru, potřebných pro provádění měření, zpracování, archivaci a hodnocení dat.

1.3.6. Realizační dokumentace monitoringu

Realizační dokumentace monitoringu je dokumentace monitoringu vypracovaná na základě zadávací dokumentace monitoringu vybraným zhotovitelem monitoringu. Realizační dokumentaci monitoringu je nutno zpracovat ve spolupráci s projektantem realizační dokumentace podzemního díla a schválit zadavatelem monitoringu ještě před zahájením výstavby tunelu. Viz kap. 5.4.

1.3.7. Zadavatel monitoringu

Zadavatel monitoringu je objednatel vypisující výběrové řízení na zhotovení monitoringu. Zpravidla se jedná o tutéž právnickou osobu, která vypisuje výběrové řízení na zpracování dokumentace stavby pro stavební povolení, podrobný geotechnický průzkum, případně na zhotovitele analýzy rizika a na zhotovitele vlastní stavby tunelu.

1.3.8. Kancelář monitoringu

Kancelář monitoringu jsou lidské zdroje a technické prostředky zhotovitele monitoringu nutné k provádění monitoringu. Jedná se o pracoviště, kde se monitoring organizuje a řídí. Viz kap. 4.1. Dále kancelář monitoringu zahrnuje výkonný hardware a software na příjem, skladování a archivaci měřených dat, nutné kancelářské i skladovací prostory a nezbytný odborný personál.

V kanceláři monitoringu se dále změřená data zpracovávají, kontroluje se jejich grafické znázornění, hodnotí se výsledky měření a připravují se podklady pro řízení ražby tunelu z pohledu monitoringu.

Kancelář monitoringu také ve smyslu RD monitoringu změřená data zpřístupňuje jejich uživatelům.

1.3.9. Kontrolní den monitoringu

Kontrolní den monitoringu (dále jen KDM) je specializovaná část kontrolního dne stavby, na které se projednávají aktuální výsledky monitoringu za přítomnosti všech kompetentních zástupců účastníků výstavby. Viz kap. 4.2.

Na KDM jsou diskutována, projednávána a přijímána opatření, související s dalším bezpečným a ekonomickým prováděním ražeb navrhovaná na základě výsledků monitoringu.

Podrobný statut KDM, jeho jednací řád, pravomoci a odpovědnost musí být pro všechny účastníky výstavby popsán ve smluvně závazném dokumentu. (Zvláštní obchodní podmínky pro poskytování konzultačních služeb pro stavby PK (pozemních komunikací), Zvláštní obchodní podmínky pro zeměměřičské a průzkumné práce a dokumentaci staveb PK, Zvláštní obchodní podmínky stavby PK). Statut KDM nesmí být v rozporu se smluvními závazky v rámci platných smluv mezi investorem a jednotlivými účastníky výstavby. Viz kap. 4.2.

1.3.10. Odlišné geotechnické podmínky

Odlišnými geotechnickými podmínkami se rozumí rozdíl mezi geotechnickými podmínkami uvažovanými v ZDS a skutečně zastíženými geologickými a geotechnickými podmínkami při ražbě tunelu. Podrobněji viz kapitola 3.9.5. těchto TP.

1.3.11. Geologická dokumentace

Geologická dokumentace zpracovávaná v rámci monitoringu je dokumentace zpracovávaná podle zákona o geologických pracích č. 62/1988 Sb. v platném znění. Zahrnuje veškeré písemné, grafické, případně i elektronické dokumenty a hmotné údaje o skutečnostech zjištěných geologickými pracemi, prováděnými v rámci doplňkových průzkumů, vyvolaných hodnocením výsledků monitoringu nebo vyvolaných nedostatkem informací o geologickém prostředí zjištěných v průběhu ražeb. Viz též kapitola 3.9.1. v těchto TP.

1.3.12. Geotechnická dokumentace

Geotechnická dokumentace, zpracovávaná v rámci monitoringu, zahrnuje veškeré písemné, grafické případně i elektronické dokumenty a hmotné údaje o skutečnostech, zjištěných hodnocením horninového masivu v průběhu monitoringu, zejména při provádění dokumentace a hodnocení čeleb a líce výrubů, vrtů pro monitoring či technologických vrtů s využitím výjimky ze zákona č. 62/1988 Sb. podle §11, písm.c) vyhl. č. 368/2004 Sb. Viz kapitola 3.9.3. v těchto TP. Geotechnická dokumentace zahrnuje i dokumentaci ostatních měření a zkoušek stanovených v zadávací dokumentaci monitoringu

1.3.13. Nulové a počáteční měření

Nulová měření jsou měření, která jsou provedena v průběhu justace měřidla a slouží k průkazu, že proces justace byl dokončen anebo byla provedena v okamžiku, kdy hodnota měřené veličiny ještě není ovlivněna postupem stavby. Počáteční měření je první měření, při kterém už ale k ovlivnění hodnoty měřené veličiny došlo. (Například měření posuvů konvergenčních bodů, které jsou osazeny na primárním ostění tunelu.).

1.3.14 Aktuální, ustálené a konečné hodnoty měřených veličin

Rozlišuje se aktuální hodnota měřené veličiny (dosažená v průběhu časového vývoje dané veličiny právě v okamžiku jejího změření), ustálená hodnota měřené veličiny odpovídající určité stálé hodnotě minimálních přírůstků měřené veličiny a konečná (celková) hodnota měřené veličiny, dosažená v okamžiku posledního měření, kdy jsou již další přírůstky hodnoty měřené veličiny nulové

Aktuální hodnota měřené deformace má převažující složku deformace odpovídající změně zatížení, vyplývající z postupu ražeb tunelu a menší složku, odpovídající creepovému charakteru přetváření.

Ustálené hodnoty měření deformace jsou způsobeny převážně dotvarováním, případně creepovým charakterem přetváření.

1.3.15. Metrologické pojmy

Pojem	Definice
Měřidlo	Zařízení určené k měření. Může být samotné nebo ve spojení s přídavným zařízením.
Etalon	Měřidlo sloužící k realizaci a uchovávání měřené jednotky nebo stupnice a k jejímu přenosu na měřidla nižší přesnosti.
Stanovená měřidla	Měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému <u>ověřování</u> s ohledem na jejich význam.
Ověření měřidla	Potvrzuje, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti a že odpovídá ustanovením právních předpisů, technických norem i dalších technických předpisů.
Nestanovená pracovní měřidla	Měřidla, která <u>podléhají kalibraci</u> , ale nejsou etalony, ani nespádají do kategorie stanovených měřidel.
Kalibrace měřidla	Soubor úkonů, které vytvářejí za <u>stanovených podmínek</u> závislost mezi hodnotami indikovanými měřidlem a <u>skutečnými hodnotami měřené veličiny</u> . V některých případech se za kalibraci považuje i adjustace výstupních hodnot měřicího systému tak, aby odpovídaly hodnotám etalonů s definovanou přesností.
Justace (adjustace)	Nastavení měřidla do definovaného stavu, ve kterém má probíhat měření. (Např. dosažení stavu zatvrdnutí injektaže extenzometrických či inklinometrických vrtů nebo vyrovnání pórových tlaků vody v horninovém masivu s tlakem uvnitř nově osazeného měřidla pórového tlaku)
Kontrola měřidel	Kontrola měřidla, zda při používání neztrácí mezi dvěma po sobě následujícími kalibracemi své hlavní metrologické parametry.
Návaznost měřidel	Zařazení měřidel do nepřerušené posloupnosti přenosu hodnoty veličiny počínající etalonem nejvyšší metrologické kvality pro daný účel.
Postup měření	Dokumentovaný postup justace a použití měřidla a nastavení podmínek měření, který zajistí spolehlivé zjištění hodnoty měřené veličiny.

1.4. Cíle monitoringu

1.4.1. Základní cíle monitoringu

Základním cílem monitoringu je porovnávání skutečného vývoje chování sledovaného systému ostění tunelu - hornina - postup ražeb - vývoj poklesové kotliny na povrchu terénu - deformace objektů na poklesové kotlině (dále jen sledovaného systému) s předpoklady, které byly uvažovány při zpracovávání DSP či ZDS stavby.

Dalším základním cílem monitoringu je předpověď dalšího chování sledovaného systému a získání podkladů pro přijímání opatření, jejichž úkolem je udržet chování sledovaného systému v mezích

stanovených v ZDS, případně po odsouhlasení objednatelem stavby upřesněných v RDS a dále kontrola účinnosti těchto opatření.

K základním cílům monitoringu patří i sledování případných vlivů ražby tunelu na životní prostředí, zejména změn vodního režimu.

1.4.2. Konkrétní cíle monitoringu

Konkrétní cíle monitoringu je třeba stanovit v ZDZ individuálně pro jednotlivé tunelové projekty a pro jednotlivé objekty stavby. Konkrétními cíli monitoringu jsou obvykle:

- Ověření a zpřesnění geotechnického modelu použitého pro projekt tunelu.
- Kontrola stability výrubu z hlediska bezpečnosti provádění podzemního díla.
- Ověření funkčnosti navrženého technologického postupu výstavby a opatření k zajištění stability výrubu (definovaného např. technologickou třídou výrubu) či zajištění přípustných deformací nadloží a nadzemních objektů.
- Příprava podkladů pro případné změny technologického postupu výstavby a opatření k zajištění stability výrubu na základě interpretace výsledků monitoringu a skutečně zastižených geotechnických podmínek.
- Příprava podkladů pro ověřování a zpřesňování numerického a geomechanického modelu použitého pro návrh prvků zajištění stability výrubu a technologie ražeb nebo dimenzování definitivního ostění.
- Kontrola vlivu ražeb na práva třetích stran (zejména nadzemní zástavba, inženýrské sítě, režim podzemní vody, atp.).
- Průkaz kvality prováděného díla. (Rozumí se v rozsahu monitoringem sledovaných parametrů a jejich projektem předepsaných mezních hodnot (viz kriteria varovných stavů odst. 5.1.2)).

Monitoring musí dále zajistit:

- Informace o původním stavu horninového masivu a o hydrogeologických poměrech lokality neovlivněných výstavbou tunelu (nulová měření sledovaných veličin).
- Podklady pro kontrolu správnosti a bezpečnosti provádění speciálních technologií (jako například kompenzačních injektáží, zmrazování, snižování hladiny podzemní vody atp.).
- Informace o vlivu výstavby tunelu na životní prostředí (hluk, vibrace, technická seismická, prach, pokles hladiny nebo změny vlastností podzemní vody, atp.).

1.5. Prostředky monitoringu

Cíle monitoringu se dosahují několika základními prostředky:

- vizuálními prohlídkami celého ražbou dotčeného prostředí
- průběžným vyhodnocováním reakce horninového masivu na ražbu (způsob rozpojování, rychlost vrtání pro kotvení i trhací práce, doba stability nezajištěného výrubu, přítoky vody atd.)
- geotechnickým sledováním a hodnocením čel, nezajištěného líce výrubu a horninového prostředí dotčeného ražbou
- měřením reakce sledovaného systému na ražbu prostřednictvím instrumentace (posuvy, tlaky, napětí, teploty, vodní režim, vlastnosti vody, vlhkosti, amplitudy, frekvence, zrychlení atd.)
- matematickým modelováním, zejména používáním zpětných analýz
- hromadným sběrem změřených dat, jejich skladováním, zpracováním, interpretací a operativním průběžným on-line přenosem zpracovaných dat k uživatelům včetně vizualizace s využitím informačních technologií.

Přiřazení konkrétních prostředků monitoringu k jeho konkrétním cílům řeší projektant dokumentace monitoringu s ohledem na specifiku daného díla, zvláštnosti místních geologických poměrů a na potřeby řízení rizik na dané stavbě.

1.6. Monitoring a řízení rizik

Při budování každého tunelového díla je nutné podstoupit větší či menší rizika. Monitoring je jedním ze základních nástrojů pro řízení rizik výstavby tunelu.

1.6.1. Definice rizika

Inženýrské riziko během výstavby tunelu je definováno jako souběh pravděpodobnosti vzniku nežádoucího jevu a jeho důsledků. Matematicky lze tento vztah popsat rovnicí:

$$R = P \cdot D$$

R je riziko, P je pravděpodobnost, že nastane nežádoucí jev, D jsou důsledky uskutečnění nežádoucího jevu, zpravidla ve finančním vyjádření. Nežádoucí jev (událost) při výstavbě inženýrského díla je vznik stavu, který má pro některého z účastníků výstavby nežádoucí důsledky.

Při formulování cílů monitoringu, zpracovávání dokumentace monitoringu a při uzavírání smluv mezi účastníky výstavby i jejich subdodavateli je nutno k těmto rizikům přihlídnout.

1.6.2. Monitoring a řízení rizik

Při ražbě tunelu je monitoring základním předpokladem pro účinné řízení rizik. Řízením rizik se rozumí především identifikace rizik, kvantifikace rizik, snižování, eliminování, sdílení a kontrola rizik i kontrola účinností opatření přijímaných pro případné udržování či snižování rizik na únosnou mez.

Monitoring umožňuje předvídat vznik nežádoucích jevů a s předstihem přijímat opatření pro snížení pravděpodobnosti jejich realizace a pro snížení případných škod vzniklých v důsledku uskutečnění nežádoucího jevu.

1.6.3. Nežádoucí jevy při ražbě tunelu

Nežádoucí jevy při ražbě tunelu mohou být především:

- Větší deformace, než jsou očekávány v DZS, resp. RDS.
- Trvalý creep nebo náhlé zrychlení vývoje sledovaných veličin.
- Větší zatížení ostění, než je předpokládáno v RDS, vedoucí k nepřipustnému porušení ostění
- Nestabilita nezajištěného výrubu.
- Nadvýlomy za hranicí technologicky či geologicky podmíněného nadvýrubu, propady nadloží.
- Bobtnavé nebo silně tlačivé projevy horninového masivu, které vedou k neočekávaným deformacím, zvětšení předpokládaného objemu výrubu nebo k poškození primárního ostění.
- Nadměrné sedání povrchu, nepříjemný tvar poklesové kotliny.
- Nepříjemné snížení nebo zvýšení hladiny podzemní vody.
- Nepříjemné přítoky vody do tunelu, průvaly vod.
- Průnik nebezpečných látek do tunelu.
- Neočekávané kontakty s přirozenou či antropogenní podzemní dutinou.
- Geologické anomálie.
- Výrazně horší geotechnické podmínky, než byly očekávány v DZS. (Odlišné geotechnické podmínky). Viz kap. 3.9.5.
- Mimořádná událost, závažná událost, nebezpečný stav, provozní nehoda a závažný pracovní úraz ve smyslu vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
- Nutnost použití doplňujících technologií a mimořádných stavebních postupů.

1.6.4. Pravděpodobnost vzniku nežádoucích jevů a monitoring

Pravděpodobnost vzniku nežádoucích jevů lze stanovit expertním odhadem na stupnici od jedné do nuly.

Jistota vzniku nežádoucího jevu na určitou délku tunelu (nebo celého tunelu) znamená hodnotu pravděpodobnosti jedna. Jistota, že nežádoucí jev po celou dobu výstavby nenastane, se oceňuje hodnotou pravděpodobnosti nula.

V průběhu ražeb se pravděpodobnost vzniku nežádoucích jevů zpřesňuje na základě průběžného vyhodnocování výsledků monitoringu.

2. Instrumentace

2.1. Všeobecně

Instrumentace je ta část monitoringu, která se zabývá měřicí přístrojovou technikou včetně sběru a přenosu dat, kalibrací přístrojové techniky, instalací měřících přístrojů, respektive čidel a údržbou celého monitorovacího systému v provozuschopném stavu.

Při návrhu instrumentace se vychází z definovaného cíle měření, viz. kap. 1.4 a kap. 3.2, z požadavků na přesnost měření, na dlouhodobost měření, na spolehlivost měření, na odolnost proti vnějším vlivům (atmosférické vlivy, na zranitelnost přístrojové techniky v průběhu ražeb, prachem, vlhkem, technickou seismicitou, případně jinými externími vlivy.)

Při volbě konkrétního přístroje (viz kap. 3.2.6) se dále přihlíží k:

- Pravděpodobným velikostem očekávaných hodnot měřených veličin.
- Pravděpodobnému vývoji měřených veličin v čase.
- Potřebné kvalifikaci obslužného personálu.
- Požadavkům na ochranu instrumentace během výstavby.
- Očekávanému množství měřených dat a době sledování.
- Druhu veličin, které budou předmětem měření (posuvy, síly, pórové tlaky, atp.).
- Metodám měření.
- Požadavkům na dálkový přenos dat, skladování dat a na jejich samočinné zpracovávání.

Požadavky na měřené veličiny a cíle měření jsou stanoveny zpracovatelem zadávací dokumentace monitoringu. Podkladem je dokumentace pro stavební povolení stavby nebo dokumentace pro zadání stavby.

Obojí je nedílnou součástí zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu. (Viz. kap.5.1.1.).

Konkrétní volbu měřícího přístroje provádí zhotovitel monitoringu v realizační dokumentaci monitoringu. (Viz. kap. 5.4)

2.2. Měřené veličiny

Veličinami, které se při monitoringu sledují, jsou: deformace, posuvy, relativní posuvy, kotevní síly, zemní tlaky, napětí, hydrostatický tlak vody, přítoky vody do podzemního díla a její chemismus, pórový tlak vody, vibrace, dynamické, seismické a akustické účinky od ražby, případně další veličiny podle dokumentace monitoringu. Zaznamenávají se časové průběhy sledovaných hodnot, součtové čáry a rychlosti změn měřených hodnot, případně i zrychlení hodnot měřených veličin).

Ve speciálních případech se měří teplota, vlhkost a tlak vzduchu.

Optimální soubor měření se v projektu monitoringu volí podle konkrétních specifických podmínek dané stavby. (Ražba pod zástavbou/mimo zástavbu, malá/velká výška nadloží, samonosnost horninového masivu atd., typů a zranitelnosti objektů na poklesových kotlinách, geologických poměrech, velikostech existujících rizik atp.)

Vždy se měří velikosti posuvů primárního ostění a to ve všech třech směrech. V případě mělkých tunelů také deformační průběh poklesové kotliny a deformace staticky a funkčně důležitých prvků nadzemních objektů v dosahu poklesové kotliny. (Včetně inženýrských sítí).

Požadavky na měřicí rozsahy, rozlišení a přesnosti jednotlivých měřických metod obsahuje projekt monitoringu na úrovni DSP či ZDS a zadávací dokumentace pro výběr zhotovitele monitoringu. Projektant monitoringu je volí na základě definice cílů monitoringu a na podkladě geomechanického modelu a rizikové analýzy.

RDS monitoringu pak obsahuje konkrétní rozsahy, rozlišení a přesnosti navržených měřících přístrojů a metod včetně uvedení příslušných typů a značek měřidel i softwarů.

2.2.1. Měření deformací

2.2.1.1. Měření deformací výrubu

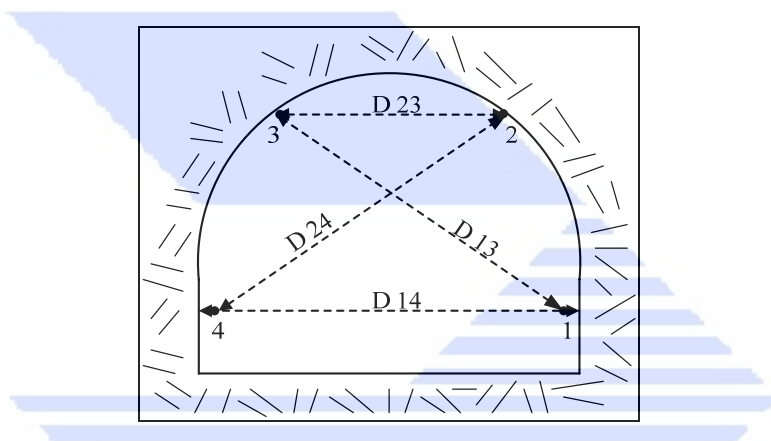
–Relativní měření konvergencí pásmem

U štol (do 16 m²) se měření provádí zpravidla pomocí konvergenčního pásma, případně kontaktního tyčového měřidla.

Sledují se buď vzájemná přiblížení – konvergence, resp. oddálení – divergence bodů osazených na tunelové ostění.

Měření se provádí mezi dvěma pevně osazenými body s kulovým zhlavím. Body jsou uspořádány do os nasměrovaných do směru očekávaných pohybů.

Konvergenční pásmo musí být vyrobeno z teplotně inertní, například invarové slitiny umožňující vysokou přesnost odečtu. Přístroj je vybaven pružinou se siloměrem zaručujícím vždy stejné napnutí pásma. Spolu s pásmem výrobci dodávají kalibrační rám pro teplotní korekce s číselníkovým úchylkoměrem. Viz obr. č. 2.1.



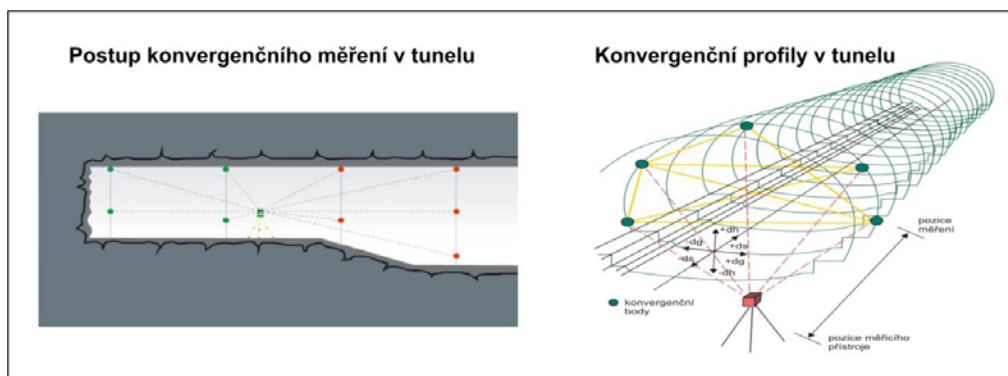
Obr. č. 2.1. Měření konvergence tunelu konvergenční pásmem

–Měření absolutních posuvů měřických bodů

Tato měření jsou v tunelech běžných a velkých rozměrů prováděna optickými totálními stanicemi.

Výsledkem měření jsou absolutní hodnoty posuvu každého z měřických bodů ve směru svislém a vodorovném v rovině kolmé na podélnou osu tunelu a ve směru osy tunelu. Je tudíž možné vyhodnotit úplný prostorový vektor posuvů každého z měřických bodů.

Měřické body jsou uspořádány na ostění v profilech kolmých na podélnou osu tunelu. V každém profilu jsou nejméně 3 případně 5 či více měřických bodů (dle velikosti a členění výrubu a technologii ražeb určuje v RDS projektant monitoring). Viz obr. č. 2.2. Jejich konkrétní uspořádání řeší realizační dokumentace monitoringu v návaznosti na realizační dokumentaci ražeb tunelu.



Obr. č. 2.2. Uspořádání měření deformací ostění optickým měřením.

2.2.1.2. Měření deformací uvnitř horninového masivu v okolí výrubu ve vrtech

Tato měření se provádí prostřednictvím různě instrumentovaných vrtů. Měření posuvů podél osy vrtu se provádí tyčovými extenzometry. Měření vodorovných posuvů ve směru kolmém na podélnou osu vrtu se provádí inklinometry. Klouzavé extenzometry kombinují oba tyto principy do jednoho typu měřidla. V případě potřeby lze použít další typy speciálních měřidel.

Pro komplexní vyhodnocování těchto měření je nezbytné zpracování geotechnického profilu vrtem, případně tam, kde je to možné i geotechnických a geologických profilů složených z více vrtů.

Kde lze docílit výnosu jádra, musí být vrty jádrové. Z hlavních zastižených horninových vrstev je žádoucí odebrat neporušené vzorky a podrobit je laboratornímu rozboru. Geotechnická dokumentace těchto instrumentovaných vrtů se provádí podle zásad uvedených v kapitole 3.9.

2.2.1.2.1. Extenzometry

Slouží pro sledování pohybů masivu ve směru osy vrtu. Cílem je obvykle určení zóny rozvolnění v okolí výrubu v několika výškových úrovních.

Extenzometrické vrty mohou být prováděny z povrchu a to zpravidla jako svislé, anebo z tunelu, radiální, přibližně kolmé vůči povrchu ostění tunelu.

Extenzometrické vrty se vrtají a osazují z tunelu pouze v případech, kdy realizace vrtů z povrchu není technicky možná nebo je neúměrně nákladná (vysoké nadloží).

V případě osazení extenzometrů z povrchu musí jejich instalace a nulté měření proběhnout s dostatečným předstihem před jejich ovlivněním ražbou. S ohledem na zajištění cementačního klidu se tato doba požaduje minimálně 3 týdny před průchodem čelby měřickým profilem.

Vrty realizované z povrchu jsou situovány obvykle nad osou tunelu. V případě tunelů větších průřezů mohou být osazeny vrty tři, uspořádané v profilu kolmém vůči podélné ose tunelu.

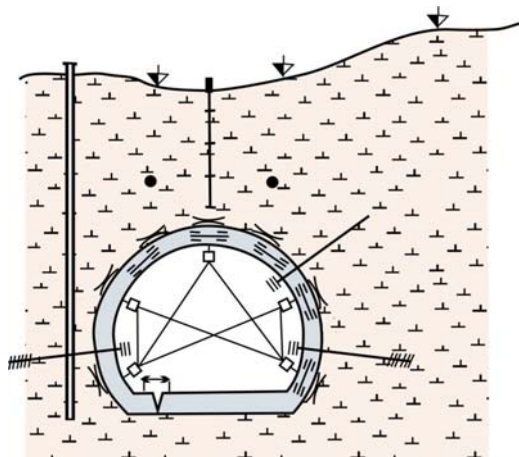
Hloubka extenzometrických vrtů v ose tunelu se navrhuje zpravidla tak, že nejhlubší kotvy extenzometru ve vrtu jsou 0,5 m až 1,0 m nad teoretickým obrysem výrubu zvětšeným o technologicky, resp. geologicky podmíněný nadvýrub, aby nedošlo při ražbě k poškození extenzometru a znehodnocení výsledků.

Jednotlivé tyče extenzometrů odlišných délek se spojují do svazků. Tím jsou vytvořeny 3 až 5 stupňové extenzometry. Jejich prostřednictvím se sleduje průběh délkových deformací ve zvolených hloubkách podél vrtu.

Obvyklá délka extenzometru je do 30 m.

K zjištění absolutní hodnoty posuvů kotev jednotlivých extenzometrů je nutno spolu s extenzometrickým měřením provádět i nivelaci zhlaví extenzometrických vrtů na nivelačních bodech

k tomuto účelu osazených na zhlaví příslušných extenzometrických vrtů. Viz obr. č. 2.3. Proto je žádoucí měřický profil extenzometrů sdružit s měřickým profilem poklesové kotliny.



Obr. č. 2.3. Příklad instrumentace mělkého tunelu extenzometry, inklinometrickým vrtem zhotoveným z povrchu terénu, tlakovými poduškami, strunovými deformetry a konvergenčí.

Zvláštním případem extenzometrického měření je vodorovný extenzometr k měření vyboulení čelby (extruze) směrem do výrubu. Používá se v případě, kde je pro minimalizaci velikosti konvergencí a průběhu poklesové kotliny volena technologie ražby ztužování horniny před čelbou systémem vodorovných kotev z čelby (např. při metodě ADECO-RS).

2.2.1.2.2. Inklinometry

Slouží pro sledování horizontálních pohybů uvnitř horninového masivu ve směru kolmém na osu příslušného inklinometrického vrtu.

Inklinometrický vrt se umísťuje do oblasti před čelbou tunelu pro sledování extruze čelby a v blízkosti stěn výrubů tunelu pro sledování stability horninového pilíře mezi tunelovými troubami a pro sledování ovlivnění základů budov ve velkých hloubkách v bezprostřední blízkosti tunelu, svahů v připořádkových oblastech tunelu atp.

Přesnost a spolehlivost měření závisí na správném osazení speciálních inklinometrických pažnic, jejich správném zainjektování a zhotovení stabilizovaného zhlaví vrtu.

Tyto požadavky musí být pečlivě formulovány v prováděcím projektu monitoringu a jejich skutečné splnění pak musí být zaznamenáno v technické zprávě o osazení monitorovacího vrtu.

Instalace musí proběhnout s dostatečným předstihem před zahájením ražeb či hloubení stavební jámy v zájmové oblasti, minimálně 3 týdny před průchodem čelby měřickým profilem, s ohledem na zajištění cementačního klidu a možné negativní ovlivnění výsledků.

Měření je prováděno inklinometrickou sondou, která zjišťuje náklon vrtu. Měření se provádí v pravidelných hloubkových intervalech (zpravidla po 0,5 m vrtu) ve dvou na sebe kolmých osách s automatickým určováním azimutu.

2.2.1.2.3. Klouzávé deformetry

Klouzávý deformetr spojuje extenzometrické a inklinometrické měření do jednoho měření.

V jednom vrtu osazeném speciálními pažnicemi je možno měřit velmi přesně horizontální i vertikální deformace najednou.

Požadavky na osazení vrtu i metodika měření jsou obdobné jako u inklinometrického měření. Hloubkový interval měření je obvykle 1 m.

Toto měření, v kombinaci s trigonometrickým zaměřením zhlaví vrtu, umožňuje získat absolutní vektor deformace v jednotlivých hloubkových úrovních.

Měření se hodí pro měření velmi malých deformací v podmínkách, kdy i velmi malé deformace mají velký význam pro stabilitu sledovaných objektů. Například průchod tunelové trouby v blízkosti základů vysokých budov, kostelních věží atp., kde je projektem předepsaná velmi malá přípustná deformace těchto objektů od probíhající ražby.

2.2.1.3. Trigonometrické měření, měření optickými totálními stanicemi

Trigonometrické měření se používá pro sledování portálových svahů a svahů přilehlých k portálovým jámám tunelu nebo pro sledování náklonů a posuvů na objektech nadzemní zástavby podcházených tunelem lze využít. Měřické body pro trigonometrii jsou stabilizovány přímo do horniny nebo osazeny na stavební konstrukci. Referenční body (připojovací body) musí být zvoleny mimo poklesovou kotlinu a stabilizovány tak, aby nedošlo k ovlivnění jejich polohy.

Trigonometricky mohou být sledovány rovněž zhlaví inklinometrických vrtů a zhlaví vrtů pro měření extenzometry, klouzavými deformetry nebo dynamometry.

Stejně veličiny, zejména na objektech nadzemní zástavby, lze sledovat i s pomocí optických automatických stanic. Ty umožní velmi přesné automatické odečty a dálkový, v případě potřeby kontinuální přenos dat. Viz obr. č. 2.4.

2.2.1.4. Měření deformací na povrchu

2.2.1.4.1. Nivelace na povrchu terénu

Poklesy povrchu terénu a objektů nad tunelem se měří zpravidla geodeticky. Provádí se metodou přesné nivelace v příčných a podélných profilech orientovaných k ose tunelu. Příčné profily jsou součástí tzv. sdružených profilů.

Sdružené profily jsou komplexně instrumentované profily orientované příčně k podélné ose tunelu. V těchto profilech jsou obvykle osazeny i měřické body v tunelu, tlakové buňky na rozhraní hornina – primární ostění, deformetry v primárním ostění, nivelační body na povrchu, extenzometrické vrty, případně další prvky monitoringu podle požadavků uvedených v DZS nebo požadovaných dodatečně na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek.



Obr. č. 2.4. Měření absolutních posuvů měřických bodů umístěných na objektech nadzemní zástavby optickými stanicemi

Sdružené profily jsou přednostně využívány pro zpětnou analýzu naměřených dat a pro ověření předpokladů DZS, resp. RDS. Viz též TKP-D kap. 7, příloha č. 1 „Operativní geotechnický monitoring“.

Dále je přesná nivelace prováděna na všech objektech nadzemní zástavby v zóně ovlivnění ražbou podzemního díla.

Umístění i stabilizace měřičských bodů musí být zpracovány v realizační dokumentaci monitoringu. Měření se provádí s dodržováním zásad pro přesnou nivelaci v souladu s geodetickými předpisy pomocí nivelačních přístrojů v kombinaci s nivelačními latěmi. V případech, kdy jsou měřená místa obtížně přístupná, mohou být hřebové značky nahrazeny stupnicemi s čárovým kódem (simulace nivelačních latí) kotvenými na líc objektu.

Připojovací body nivelačního měření musí být osazeny bezpečně mimo předpokládanou poklesovou kotlinu, aby byla zaručena jejich stabilizace a nedošlo k ovlivnění výsledků měření jejich vlastními poklesy.

2.2.1.4.2. Měření náklonů

Náklony objektů nadzemní zástavby se měří stabilními nebo přenosnými náklonoměry s elektronickými čidly. Pro zjištění náklonů lze též využít trigonometrické měření.

Měření náklonů je prováděno prostřednictvím stabilních základů umístěných na fasádách vybraných nadzemních objektů dotčených ražením tunelu.

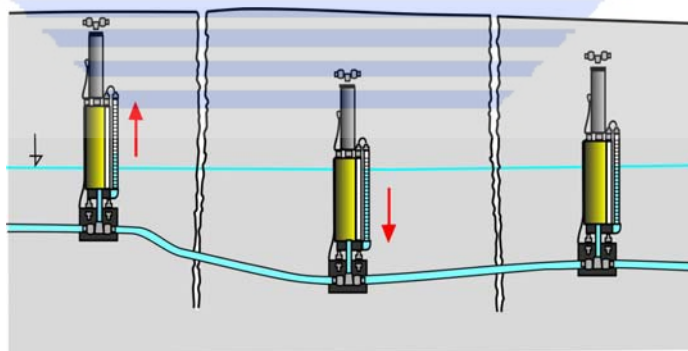
Základna musí být netečná k teplotním změnám (například z bronzu nebo keramiky).

2.2.1.4.3. Hydrostatická nivelace

Hydrostatická nivelace se používá ke sledování svislých deformací v podzemních prostorech nadzemní zástavby nalézajících se v dosahu poklesové kotliny tam, kde jsou tyto prostory obtížně přístupné pro geodetické sledování a kde je požadováno kontinuální měření a automatický sběr dat.

S výhodou ho lze také použít tam, kde je přístup z hlediska bezpečnosti nežádoucí. V tom případě jsou jednotlivá měřicí místa vybavena dálkovým automatickým odečtem.

Měřicí body jsou osazeny nádobami s plováky v nádobách s volnou hladinou vody, propojených vzájemně mezi sebou hadicemi. Hladina vody vymezuje srovnávací rovinu, vůči které se měří svislý pohyb nádob. Jedna z nádob je referenční a je zaměřována geodeticky nebo musí být umístěna zaručeně mimo posuvy. Viz obr. č. 2.5.



Obr. č. 2.5. Hydrostatická nivelace

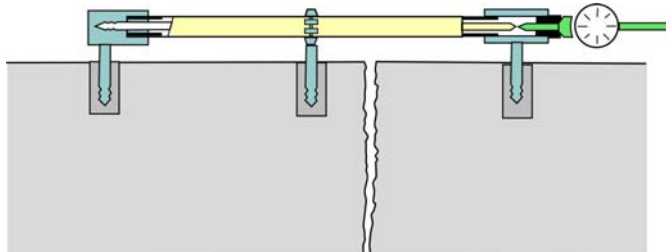
2.2.1.4.4. Měření trhlin na objektech

Sledování posuvu na trhlinách na objektech v podzemí (tunelová ostění) i na objektech nadzemní zástavby se provádí měřením změn vzdáleností dvou nebo více pevných bodů fixovaných ke sledované konstrukci.

Při situování měřických bodů a návrhu způsobu měření a jeho vyhodnocování je třeba vzít v úvahu, zda jsou měřeny trhliny tahové či smykové nebo kombinace tahové a smykové deformace.

Vzájemná orientace směru měření a směru měřené trhliny je stanovena v dokumentaci monitoringu.

Měření je prováděno měřidly různého typu. (Sádrové pásy, pásková měřidla, příložené hrotové deformetry, automatické dilatometry atp.). Je prováděno buď ručními měřidly nebo automatickou stanicí pro měření rozevírání trhlin s nepřetržitým záznamem. Viz obr. č. 2.6.



Obr. č. 2.6. Princip mechanického měření posuvů na trhlínách

Současně s měřením posuvů na trhlínách je měřena i povrchová teplota pro eliminaci vlivu teplotní roztažnosti.

Sádrové pásy nelze používat na měření změny šíře trhlín tam, kde se požaduje přesnost měření větší než 1 mm.

Měřidla na dotčených objektech se musí osadit v dostatečném předstihu před zahájením výstavby a osazují se na významné trhliny, zejména v nosných konstrukcích. V průběhu výstavby se osazují všechny významné nově vzniklé trhliny.

Pro měření trhlín na betonových konstrukcích jsou závazné TP 201 Měření a dlouhodobé sledování trhlín.

2.2.2. Měření napětí v ostění tunelu

Přímé měření napjatosti se provádí tlakovými poduškami v ostění (tlakovými buňkami) různých konstrukcí s různými tuhostmi, různými systémy čidel a přenosu dat. Výběr vhodného typu podušky pro dané měření a správná metodika instalace je zásadní pro úspěch měření. Obojí musí být proto podrobně popsáno v realizačním projektu monitoringu.

Důležitým parametrem podušky je její tuhost. Ta musí odpovídat tuhosti prostředí, ve kterém bude měření prováděno.

Měření změn napjatosti by mělo být vždy doprovázeno měřením teplotních změn a měřením deformací.

2.2.2.1. Měření tlaku na kontaktu hornina – primární ostění tunelu

Měření slouží ke zjištění radiálního zatížení primárního ostění tunelu horninovým tlakem. Měřidla jsou umísťována na povrch výrubu před aplikací stříkaného betonu.

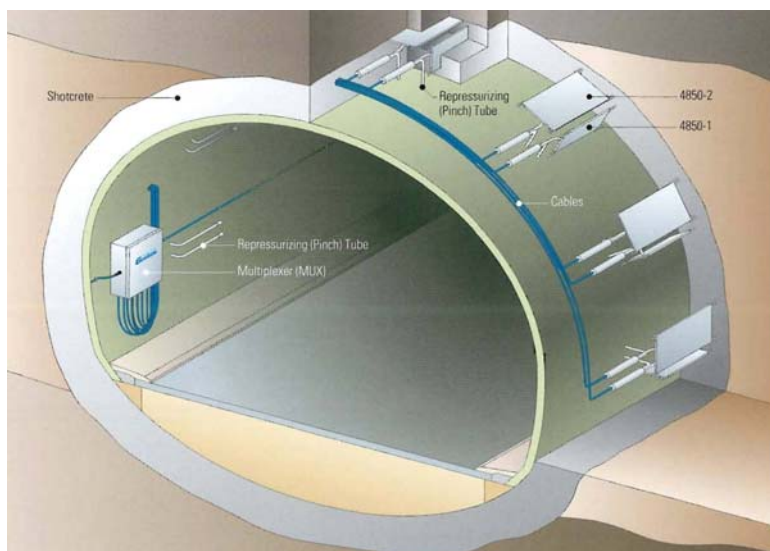
Měřicí body jsou umísťovány do příčných sdužených profilů, které mají stejné uspořádání v profilu jako body pro měření deformací ostění.

Mohou se však umísťovat i samostatně, např. ve dně tunelu, kde se očekávají vyšší tlaky, způsobené např. přítomností bobtnavých hornin.

2.2.2.2. Měření napětí v betonu primárního ostění tunelu

Jedná se o přímé měření stavu napětí v primárním ostění tunelu tlakovými poduškami. Výsledkem měření je obvodové napětí v ostění. Tomu musí odpovídat orientace tlakových podušek.

Při osazení je třeba přesně zachytit polohu tlakové podušky vůči neutrální ose ostění. Osazení tlakové podušky musí být provedeno způsobem, který zajistí její dokonalé spojení s betonem ostění.



Obr.č. 2.7. Měření napětí tlakovými poduškami

Po osazení dochází k úplné reakci podušky na okolní napětí a jeho změny až po určité době. Zpravidla podle typu cca za 2-3 týdny.

Při hodnocení výsledku je třeba vzít na tuto skutečnost zřetel.

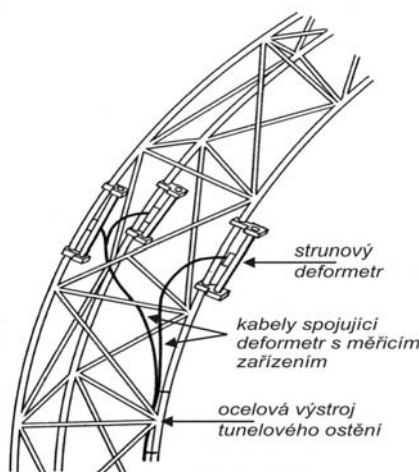
2.2.2.3. Nepřímé měření napjatosti ostění strunovými deformetry.

Jedná se o měření poměrné deformace a dopočítání napětí na základě znalosti modulu pružnosti betonu primárního ostění. Měření se provádí zpravidla strunovými deformetry, instalovanými přímo na ocelovou výztuž ostění.

Modul pružnosti betonu je třeba ověřit laboratorně na vzorcích betonu odebraných z konkrétního ostění, do kterého se deformetry osazují.

Pro hodnocení výsledku měření je třeba v místě měření určit reálnou tloušťku ostění a tudíž i velikost případného nadvýlomu.

V případě měření napětí v sekundárním ostění jde o dlouhodobé měření. Monitoruje se vývoj zatížení sekundárního ostění v čase. Při hodnocení výsledků je třeba vzít v úvahu, že prakticky nelze stanovit podíl jednotlivých zatěžovacích stavů na celkovém zatížení ostění (např. vliv teplotního zatížení, horninového či hydrostatického tlaku nebo přetížení vlivem postupné degradace primárního ostění a ztráty únosnosti nebo korozních úbytků kotev).



Obr. 2.8. Osazení strunového deformetru na ocelové výztuži tunelového ostění

2.2.3. Měření sil v kotvách

Měření sil v kotvách se provádí prostřednictvím siloměrů různých typů.

Výsledky měření informují o skutečném zatížení kotvy a o vývoji kotevní síly v čase. Na základě interpretace výsledků lze usuzovat o únosnosti kotev a stabilitě celé kotvami osazené konstrukce.

Siloměry jsou osazené mezi hlavou kotvy a licem konstrukce zajišťující povrch výrubu, paženou konstrukcí nebo vlastní svah u portálu tunelu.

Měří se přetvoření těla siloměru. Ze známé závislosti mezi přetvořením a zatížením, která se pro každý siloměr určuje kalibrací, se určuje příslušná síla.

Při volbě typu siloměru se přihlíží k době měření, předpokládanému rozsahu měřených hodnot, požadavkům na přesnost měření, spolehlivost měření a odolnost vůči vnějším vlivům.

2.2.4. Měření seismických, dynamických a akustických účinků

Při použití trhacích prací při ražbě tunelu nebo při strojním rozpojování, např. při použití impaktoru, frézy, tunelovacích strojů apod., se monitorují seismické a dynamické účinky na okolní stavební konstrukce a nadzemní zástavbu. Měření je mnohdy nutné provádět i na objektech podél odvozových tras zatížených těžkou staveništní dopravou.

Měření se provádí tříosými vibrografy či seismografy na mobilních základnách umístěvaných podle aktuální polohy zdroje seismických, dynamických a akustických účinků (polohy čelby). Lze též použít stacionárních seismických stanic trvale osazených na jednotlivých ovlivněných objektech.

Měření a jeho vyhodnocování se provádí operativně tak, aby umožňovalo korigovat projektem trhacích prací stanovenou velikost náloží a to s ohledem na životní prostředí v okolí tunelu s ohledem na dodržení limitů nastavených OBÚ a na nezhoršení vlastností horninového masivu v místech ražby.

2.2.5. Měření teploty

Teplota se měří vždy, kdy může ovlivňovat výsledky jiných typů měření (například napětí) nebo může být sama příčinou nežádoucího vzniku trhlin.

Vždy se kontroluje teplota v sekundárním ostění z monolitického betonu a to na jeho vnějším a vnitřním líci a vývoj hydratačního tepla během tuhnutí betonu v ostění. Ve zvláštních případech se kontroluje teplota záměsové vody, u velmi hlubokých staveb i teplota vzduchu a horniny.

2.2.6. Měření vodního režimu

2.2.6.1. Změny polohy hladiny podzemní vody v přilehlém horninovém masivu

Dlouhodobé sledování změn polohy hladiny podzemní vody se provádí v pozorovacích hydrovrtech. Měření se dělá hladinoměry s ručním nebo s automatickým záznamem.

Před zahájením ražeb musí být provedena pasportizace všech vodních zdrojů, které mohou být stavební činností ovlivněny. V případě, že je součástí geotechnického průzkumu i průzkumná štola, bere se jako výchozí stav měření před zahájením ražby průzkumné štoly.

Objektivní údaje o poloze hladiny podzemní vody a jejich změnách v průběhu ražeb je třeba zajistit vybudováním sítě pozorovacích hydrovrtů v dostatečné době před zahájením ražeb tunelu.

Vlastní měření je nutno zahájit s takovým předstihem, aby mohl být zjištěn přirozený režim hladiny podzemní vody ještě bez jejího ovlivnění podzemní stavbou. To zn. optimálně 1 rok před zahájením všech stavebních prací. (Jednoroční předstih instalace pozorovacích vrtů je třeba pro vysledování přirozených oscilací hladiny podzemní vody v průběhu roku).

Měření probíhá po celou dobu ražeb v pravidelných intervalech podle realizační dokumentace monitoringu. Při průchodu ražby v blízkosti sledovaného objektu je vhodné interval odečtu polohy hladiny podzemní vody zkrátit dle předpokládané míry ovlivnění a charakteru sledované zvodně.

Měření pokračuje i po skončení stavební činnosti až do stabilizace vodního režimu. To se předpokládá minimálně 1 rok po dokončení díla.

2.2.6.2. Měření hydrostatického tlaku na ostění tunelu.

Měření je prováděno měřidly hydrostatického tlaku nebo měřidly pórového tlaku (viz kap. 2.2.6.4).

Měření hydrostatického tlaku na sekundární ostění tunelu je dlouhodobé. Pohybuje se v řádu let.

Měření hydrostatického tlaku se provádí vždy u tunelů s celoplášťovou izolací, kde se předpokládá nastoupaní hladiny podzemní vody na původní úroveň. V případě tunelů s dešťníkovým systémem hydroizolace se měření neprovádí.

2.2.6.3. Měření přítoků vody do tunelu

Toto měření se provádí s pomocí odměrných nádob osazovaných přímo na místo přítoku vody do tunelu, na čelbě nebo na ostění, případně se přítoky soustředí a měří se na přepadu.

Při měření průtoku vody na přepadu je nutné zajistit, aby byly měřeny pouze přítoky podzemní vody a nikoli také technologická voda. To znamená, že je nutno odečíst spotřebu technologické vody na přírodních potrubích technologické vody pomocí vodoměrů.

K měření přítoků vody do tunelu lze použít průtokoměry (např. indukční) osazené na odpadní potrubí. Při volbě průtokoměru je třeba respektovat rozměry a konstrukci potrubí, předpokládané množství protékající vody a také předpokládané složení odpadní vody (chemismus, obsah pevné frakce apod.).

2.2.6.4. Měření pórových tlaků

Ve speciálních případech se měří pórové tlaky vody v jemnozrnných horninách v rozsahu reakce horninového masivu na ražbu.

Správná činnost piezometru osazeného do vrtu závisí na dobrém propojení měřidla pórového tlaku s okolní horninou či zeminou. To se děje prostřednictvím pískového obsypu bezprostředního okolí porézního prvku měřidla pórového tlaku a jeho následného utěsnění.

Další podmínkou dobré činnosti piezometru je spolehlivé utěsnění vrtu nad měřidlem.

Vlastní odečítání může být buď občasné vizuální nebo průběžné s automatickým odečtem, automatickým záznamem a skladováním odečtených dat.

2.2.6.5. Měření chemismu vody

Chemické rozbor podzemní vody jsou prováděny referenčními zkušebními metodami podle tab. 2 ČSN EN 206-1, Beton část 1 Specifikace vlastností, nebo metodami na ně přímo navázanými, s cílem ověřit agresivitu vody na stavební konstrukce. Součástí rozborů podzemní vody je i stanovení jejího pH.

Rozbory jsou prováděny vždy při změně geologického prostředí, která by mohla způsobit změnu chemismu podzemní vody. Měření pH je nutno provádět vždy, pokud je použit stříkaný beton, nebo jiné materiály, které by mohly hodnoty pH vody negativně ovlivnit.

Vyhodnocení vlivu prostředí na beton (stupně agresivity) se provádí podle tab. 2 – Mezní hodnoty pro stupně chemického působení zeminy a podzemní vody na beton v ČSN EN 206-1.

V odůvodněných případech, zejména při ražbě tunelů v městské zástavbě, se provádí další rozbor dle očekávaného ovlivnění chemismu podzemní vody (např. NEL apod.).

Vzorky podzemní vody jsou zásadně odebírány z nezajištěného výrubu tak, aby nedošlo ke kontaminaci vody výluhy z použitých stavebních materiálů.

Pro účely úpravy pH vody se provádí odběry vody na výtoku z tunelu před úpravnou pH a následně na výtoku z úpravní pH, aby bylo možné posoudit správnou funkci úpravní a zaručit dodržení hygienicky přípustných limitů.

3. Provádění monitoringu

3.1. Obecné zásady

Provádění monitoringu sestává z řady činností, které po sobě následují v logickém sledu.

Prvním úkolem je vždy definovat cíle monitoringu pro konkrétní stavbu případně pro konkrétní objekty dotyčné stavby.

Dalším úkolem je formulace rozhodovacího procesu, do něhož výsledky monitoringu budou tvořit základní vstupy (využití získaných poznatků pro inženýrská rozhodnutí směřujících k úspěšné a ekonomické ražbě tunelu).

3.2. Projektování monitoringu na úrovni DSP a ZDS

3.2.1. Zpracování dokumentace monitoringu

Hlavní kroky při zpracovávání dokumentace monitoringu jsou:

- Vytvoření základní hypotézy přetváření systému tunelové ostění – hornina - objekty nadzemní zástavby v důsledku ražeb.
- Technicko ekonomická analýza problému – analýza geotechnických a inženýrských rizik.
- Formulace konkrétních cílů monitoringu pro jednotlivé úseky a objekty stavby.
- Definice základních otázek, na které má měření odpovědět a kvůli kterým se monitoring provádí.

Následují:

- Návrh metod a postupů měření a instrumentace.
- Návrh varovných stavů a jejich kritérií.
- Návrh opatření přijímaných v souvislosti s dosažením jednotlivých varovných stavů.
- Návrh organizace monitoringu a jeho začlenění do celkového systému řízení výstavby a do systému řízení rizik při ražbě tunelu.

3.2.2. Základní hypotéza mechanismu přetváření

Východiskem pro vypracování dokumentace monitoringu výstavby tunelu je základní hypotéza přetváření horninového masívu v okolí výrubu a hypotéza přetváření ostatních dotčených podzemních i nadzemních objektů v důsledku ražeb. Hypotéza přetváření má následující části:

- Zpracování geotechnického a geomechanického modelu pro typická či anomální místa výstavby.
- Rozbor všech činitelů, které budou ovlivňovat přetváření a stabilitu horninového masívu (změna geometrických okrajových podmínek a změny v důsledku ražeb výrubu, strukturní a mechanické vlastnosti horninového masívu, včetně výběrů úseků v trase tunelu, kde lze očekávat anomální reakci horninového masívu na ražbu, např. tektonickou poruchu, změnu geologie, anomální hodnoty fyzikálně mechanických parametrů hornin a vodního režimu, vliv technologie ražby tunelu, vývoj všech těchto činitelů v čase atp.).
- Geotechnický výpočet (zpracování numerického modelu na základě hypotézy přetváření).
- Analýzu vlivu ražby na okolní horninový masív, odhad rozsahu rozvolnění v okolí výrubu, velikosti tlaků na tunelová ostění, změny napjatosti, průběhy poklesových kotlin, velikost deformací (v horninovém masívu v okolí výrubu, na povrchu území, na sousedních podzemních objektech, na objektech nadzemní zástavby), popis předpokládaného mechanického procesu přetváření a jeho fyzikálních příčin, vytipování míst předpokládané koncentrace napětí, předpokládané ovlivnění vodního režimu, atp.
- Prognózu velikosti deformací a rychlosti přetváření (v závislosti na čase a na postupu ražby).

3.2.3. Technicko ekonomický rozbor, analýza geotechnických rizik

Technicko ekonomický rozbor a analýza geotechnických rizik slouží jako podklad pro návrh rozsahu monitoringu a pro upřesnění jeho konkrétních cílů. Výsledky monitoringu pak umožňuje účinné řízení rizik v průběhu výstavby. Technicko ekonomický rozbor, resp. analýza geotechnických rizik sestává z následujících kroků:

- Analýza existujících nebezpečí. Definují se možné mimořádné nežádoucí jevy, které je třeba v konkrétním případě monitorovat. (Poruchy svahů portálů tunelu, nepříjemné nadvýlomy, nepříjemné velikosti a průběhy deformací ostění tunelu, nestabilita čelby, vykomínování, vznik příliš hlubokých a strmých poklesových kotlin nad tunelem v městské zástavbě, mimořádný pokles hladiny podzemní vody, náhlé velké přítoky vody do tunelu, průval vod atp.).
- Stanovení pravděpodobnosti, s jakou mohou prognózované nežádoucí jevy v daných podmínkách nastat.
- Posouzení možné velikosti vzniklých škod v důsledku realizace nežádoucích jevů a možnosti jejich včasného omezování monitoringem.
- Návrh možností snižování škod technickými, technologickými a organizačními opatřeními v realizační dokumentaci stavby tunelu.
- Návrh opatření, jejichž prostřednictvím se udržuje deformační vývoj sledovaného systému v projektantem požadovaných mezích.
- Určení způsobů přijímání těchto opatření (proces hodnocení a projednávání výsledků měření účastníky výstavby). Viz kap. 4.
- Porovnání nákladů na vybudování a provozování monitoringu s jeho ekonomickými přínosy (reálným snížením rizik). Cílem je nalézt optimální poměr mezi ekonomickým přínosem monitoringu a náklady na jeho zbudování a provoz.
- Formulace konkrétních cílů monitoringu pro jednotlivé objekty a úseky stavby a definice otázek, na které má měření odpovědět.

3.2.4. Posloupnost kroků při zpracovávání dokumentace monitoringu a hodnocení výsledků

Dokumentace monitoringu se zpracovává v následující posloupnosti:

- rozhodnutí, jaké veličiny jsou pro definované konkrétní cíle monitoringu nejdůležitější,
- volba typů měřicího zařízení (zvažuje se přesnost, spolehlivost a žádoucí rozsah měřidel, jejich odolnost v konkrétních místech osazení, cena, atp.),
- plán rozmístění měřidel,
- návrh četnosti (frekvence) měření na měřidlech (např. před průchodem čelby, při a po průchodu čelby v prostoru měřidla) v závislosti na vývoji měřené veličiny v čase a na vzdálenosti čelby od měřidla,
- stanovení předpokládaného celkového počtu všech měření na měřidlech,
- plán a zásady sběru dat,
- metody komplexního vyhodnocení provedených měření a interpretace výsledků,
- rozhodnutí o způsobu archivace a skladování dat,
- rozhodnutí o technologii přenosu dat k uživatelům,
- stanovení varovných stavů a kritérií pro přijímání varovných stavů,
- návrh technicko-bezpečnostních, technologických a organizačních opatření přijímaných v případech dosažení některého z varovných stavů,
- způsob řízení a organizace monitoringu.

3.2.5. Výběr veličin, které mají být měřeny

Výběr měřených veličin stanovuje projektant podzemního díla na základě prognózy geotechnických podmínek, složitosti a velikosti podzemního díla, s ohledem na přítomnost objektů v nadloží a případných dalších skutečností. Výběr veličin musí být proveden s ohledem na přínos získaných výsledků pro stanovení prognózy chování horninového masivu při ražbě, možnosti zatřídění do technologické třídy výrubu nebo ovlivnění objektů v nadloží.

K měřeným veličinám např. patří:

- deformace tunelového ostění, horninového masivu, případně dalších stavebních konstrukcí (sousední podzemní objekty, portály ražených částí tunelu atd.),
- poklesy povrchu terénu (poklesová kotlina), sedání objektů, náklony objektů,
- posuvy na smykových plochách zejména v portálových úsecích,
- síly v kotvách,
- napětí v horninovém prostředí, v tunelových ostěních a/nebo ve stavebních prvcích,
- pórový tlak vody, tlak vody v plochách nespojitosti, vodní režim (kolísání hladiny podzemní vody, přítok/odtok vody do/z podzemního díla),

- v případech hodných zvláštního zřetelů se měří vyboulení čelby, zvedání počvy atp.
- seismické, dynamické a akustické účinky.

3.2.6. Výběr typu měřicího zařízení

Použitá měřicí technika musí v souladu se zákonem č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů, splňovat požadavky na dostatečnou přesnost a spolehlivost měření (odolnost vůči vnějším vlivům).

Z hlediska odolnosti a spolehlivosti měřidel se posuzují a zohledňují tyto možné vlivy:

- změny teplot, mráz, účinky ledu, slunečního osvětlení,
- účinky vlhkosti,
- chemická koroze v důsledku agresivity podzemní vody, přísad do betonu a injektážních směsí, činnost bakterií,
- účinky prachu, bláta,
- vysoká vlhkost vzduchu v tunelu, proudící voda,
- možný vandalismus,
- ohrožení rážbou či postupem výstavby,
- působení elektrolytů v důsledku působení elektrolýzy, disimilačních materiálů a bludných elektrických proudů,
- dynamické účinky od stavebních prací

Dále je nutno v dokumentaci monitoringu vyřešit:

- ověřování správné funkce měřidel v průběhu monitoringu, zajištění kalibrace měřidel, způsobů jejich kontroly, kontrolu správného osazení měřidel a jejich justací. (Stanovit metrologické zásady.).
- zajištění trvalé přístupnosti měřidel v průběhu výstavby
- vhodné rozsahy měřidel s ohledem na očekávané hodnoty měřených veličin

Rozsah měřicího zařízení je dán rozdílem nejmenší a největší možné očekávané měřené hodnoty. Nejmenší očekávaná měřená hodnota dále rozhoduje o citlivosti neboli jemnosti odečtu zařízení.

Snaha po co největší možné přesnosti měření za každou cenu, bez ohledu na očekávanou velikost odečítané veličiny a její vztah k bezpečnosti sledovaného díla, není žádoucí.

Vysoká přesnost je žádoucí tam, kde velmi malé změny měřených hodnot mohou mít vážné důsledky pro bezpečnost sledovaného systému, nebo když je potřeba ve velmi krátkém časovém rozmezí zjišťovat trendy v chování sledovaného systému.

Nároky na spolehlivost přístrojů rostou s celkovou dobou jejich činnosti v systému. Čím jednodušší je měřidlo a jeho konstrukce, tím bývá zpravidla odolnější a spolehlivější.

Požadavky na měřidla se posuzují odděleně podle jejich části (mechanismus přístroje, měřicí čidla a komunikační systém pro dopravu dat). Na každý z nich mohou negativní vlivy působit v jiné intenzitě.

Velikost očekávaných změn, zejména jejich mezní hodnoty, mají zásadní význam pro návrh varovných stavů (viz kap. 4.3).

Měření jedné a téže veličiny je účelné v některých měřicích profilech kontrolovat dalšími nezávislými měřicími systémy. Tato kontrola se provádí na vybraných místech monitorovacího systému.

Při posuzování ceny měřicího zařízení se bere v úvahu, že nejlevnější měřicí prvek nemusí vždycky znamenat nejnižší cenu celého měřicího systému.

Při ekonomickém rozboru monitoringu je nezbytné vzít v úvahu i cenu za kalibraci přístrojů, cenu za osazení, za vlastní měření i sběr dat a za udržování, případně obnovování celého systému monitoringu.

3.2.7. Situování měřických profilů a bodů

Při výběru měřicího místa se vychází z hypotézy přetváření (viz kap. 3.2.2) a z prognóz míst s nebezpečím vzniku nežádoucích jevů.

Měřidla se umísťují do sdružených měřických profilů nebo do jednoduchých měřických profilů (viz též kap. 3.8.1.). Sdružené měřické profily se umísťují jednak do nejkritičtějších míst, jednak do reprezentativních míst.

Výběr měřících míst se děje zpravidla ve dvou krocích:

- Zjištění nejkritičtějších míst. Těmi jsou například připortálové úseky, oslabené zóny v horninovém masivu a nejvíce, nebo asymetricky zatížená a nejzranitelnější místa primárního nebo definitivního ostění nebo nadzemních objektů. Jde o oblasti s největší možnou koncentrací napětí, nebo naopak části horninového masivu, ostění či nadzemních objektů se sníženou pevností, dále jde o pravděpodobné polohy odkud se může rozvinout nežádoucí jev, či o místa, která jsou nejzranitelnější a s nejméně přijatelnými důsledky přetváření horninového masivu pro výstavbu.
- Výběr míst, ve kterých lze očekávat reprezentativní chování celého, ražbou dotčeného horninového masivu.

Rozšiřování počtu měřících míst o další místa se provádí v průběhu výstavby podle průběžných výsledků měření, potřeb realizační dokumentace stavby a realizační dokumentace monitoringu a na základě vyhodnocování poznatků získávaných během výstavby.

3.2.8. Návrh četnosti (frekvence) měření

Obecně se četnost měření volí v závislosti na očekávané rychlosti, s jakou se budou měnit činitelé ovlivňující chování sledovaného horninového masivu a na očekávané rychlosti změn měřených hodnot (především záleží na rychlosti postupu ražeb a na vlastnostech horninového masivu).

Příliš mnoho měření komplikuje účinné a operativní vyhodnocování. Je též zdrojem zbytečných chyb a zvyšuje náklady monitoringu.

Příliš malá četnost měření může být naopak příčinou přehlédnutí důležitých změn v chování sledovaného systému, pozdního zachycení nástupu jeho možného progresivního porušování a opožděného přijetí technicko-bezpečnostních opatření, souvisejících s dosažením požadované stability výrubu a deformace nadloží.

Četnost měření se v průběhu ražeb vždy přizpůsobuje skutečnému chování sledovaného systému, potřebě jeho vývoj v dalším období předvídat a tuto předpověď následně kontrolovat.

Bezprostředně po osazení měřících zařízení jsou provedeny nulté nebo první čtení. Během tohoto období se ověřuje správná činnost všech měřidel, jejich ustálení a získávají se poznatky o ražbou neovlivněném chování sledovaného horninového masivu. Následující četnost měření vychází z těchto poznatků.

Za předpokladu, že nedochází ke změnám činitelů, které ovlivňují průběh přetváření a že se hodnoty sledovaných veličin postupně ustalují, se výchozí četnost měření přiměřeně snižuje.

Četnost měření se vždy upravuje v závislosti na fázi výstavby, způsobu ražby, zastižených geotechnických podmínkách na čelbě a na dosavadním časovém průběhu sledovaných veličin.

U měřidel osazovaných průběžně s postupem ražeb je počáteční četnost měření vyšší, po vyhodnocení trendů a ustalování hodnot je možné interval měření přiměřeně prodloužit s ohledem na zachování vypovídající schopnosti a ekonomiku měření.

Začne-li se horninový masiv nebo systém horninový masiv – stavební konstrukce chovat anomálně (např. dlouho trvající sekundární creep, nebo dokonce nástup terciárního creepu), viz kap. 4.3.8, a 4.3.9., četnost měření se okamžitě zvyšuje tak, aby byl deformační vývoj pod plnou kontrolou.

3.2.9. Rozsah a komplexnost měření

Rozsah měření monitoringu musí odpovídat charakteru území, kterým tunel prochází (např. přítomnost zástavby, podcházení vodních toků atd.), velikosti a členění profilu podzemního díla, předpokládaným geotechnickým podmínkám a možnosti využití výsledků monitoringu při optimalizaci technického řešení v průběhu výstavby.

Při rozhodování o rozsahu a komplexnosti měření se musí vzít v úvahu, že některé sledované veličiny umožňují posoudit příčiny a jiné důsledky změn v chování sledovaného systému.

Dalším důvodem pro dostatečný rozsah a komplexnost měření je, že v předmětném místě může nastat rozvoj procesů, které jsou podmíněny řadou fyzikálních příčin, z nichž každou lze sledovat jinými metodami a přístroji.

Různé typy měření lépe umožní ověřovat správnost výsledků, potvrzovat a vysvětlovat anomální chování sledovaného systému.

Spolu se sledováním změn měřených veličin se musí zaznamenávat všechny faktory, které mohou měřená data ovlivnit. Jedná se zejména o:

- postupy ražeb a průběh změn zatížení v posuzovaných měřicích profilech,
- veškeré odchylky od obvyklého průběhu sledovaných veličin,
- vznik a průběh projevů technologické nekázně, přerušení prací, nadvýlomy,
- kolísání hladiny podzemní vody,
- seismické, dynamické účinky a akustické účinky stavebních prací,
- přirozenou seismicitu,
- meteorologické a klimatické vlivy (zejména dešťové srážky a průběh denních teplot
- poškození měřicích bodů

3.3. Budování systému monitoringu

3.3.1. Etapy budování systému monitoringu

Hlavní etapy budování systému monitoringu na stavbě spočívají v:

- dodávce měřidel,
- ověření správné funkce měřidel před osazením, kalibrace,
- osazení měřidel a nultá čtení,
- zprovoznění kanceláře monitoringu a vytvoření databáze monitoringu,
- předání a projednání zprávy o vybudování a fungování systému monitoringu.

3.3.2. Dodávka měřidel

Podle technicko kvalitativních podmínek v zadávací dokumentaci monitoringu volí vhodné přístrojové vybavení vítěz výběrového řízení na zhotovitele monitoringu. Viz kap. 3.2.6. a 5.2.1.

Předpokládané parametry použitých přístrojů, hardwaru i softwaru nezbytného pro archivaci hodnocení a transport dat, uvede účastník výběrového řízení na zhotovení monitoringu již v nabídce na provádění monitoringu.

V dokumentaci monitoringu na úrovni DSP stavby, ani v zadávací dokumentaci pro výběr zhotovitele monitoringu se zásadně výrobce či dodavatel měřicích přístrojů neuvádí. Dokumentace specifikuje pouze požadované vlastnosti a parametry měřicích přístrojů. (Měřené veličiny, přesnost, spolehlivost, rozsahy, specifické požadavky na odolnost přístrojů, automatický záznam, dálkový přenos atp.) Stejně tak se uvádí pouze požadavky na způsob skladování, hodnocení, prezentaci dat a požadavky na jejich

přenos k uživatelům z nichž vyplývají požadavky na nezbytný hardware a software kanceláře monitoringu.

3.3.3. Ověření správné funkce měřidel, kalibrace

Správnou činnost měřidla je třeba zkontrolovat bezprostředně po jeho osazení a poté za provozu dle pokynů výrobce měřidla (pokud možno bez nutnosti měřidlo demontovat a přerušovat tak měření).

Příklady takových kontrol jsou:

- Při kontrole piezometrů zvyšování nebo snižování vodního tlaku o známou hodnotu s následujícím vyčkáváním dosažení původní rovnováhy. Potřebná doba musí odpovídat propustnosti okolního prostředí. (Justace)
- Činnost extenzometrů uvolněním referenčního soutyčí z kotvy a posunem ve vrtu. (Kontrola, zda není velké tření či zda se tyč "nezablokovala" ve vrtu).
- Elektrická čidla musí být pro účely kontroly čas od času vyšroubována a jejich hodnota porovnána s hodnotou získanou mechanickým měřením našroubovanými číselníkovými úchylkoměry na jejich místo.
- Osazení různých typů měřidel na jednom měřicím místě. Například pneumatické čidlo a čidlo s vibrující strunou. K měření jediné hodnoty jsou tak použity dvě nezávislé metody měření, z nichž jedna kontroluje druhou. (Kontrola návaznosti)
- Logické kontroly porovnáváním dosažených výsledků s možnými hodnotami vyplývajícími z geomechanického modelu a hypotézy přetváření sledovaného systému.
- Měření na jednom místě principiálně nezávislými metodami. Například kombinace klasických geodetických nivelačních metod a extenzometrů atp.

Kalibrace měřidel se provádí v souladu se zákonem č. 505/1990 Sb., o metrologii v platném znění a navazujících interních a právních předpisů (např. vyhl. MPO k provedení některých ustanovení zákona č. 505/1990 Sb.) a vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu ČR: č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů.

Dále je nutno respektovat vyhlášku MPO č. 264/2000 Sb. o základních měřicích jednotkách a ostatních jednotkách a o jejich označování, ve znění pozdějších předpisů a vyhlášku MPO č. 262/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření.

3.3.4. Osazení měřidel a nulté čtení.

U měřidel, která potřebují čas k dosažení plné funkčnosti, je nutno provést nultá měření až po této době (např. cementová zálivka některých typů vrtů, měřidla pórového tlaku atp.). Tato doba musí být stanovena v realizační dokumentaci monitoringu.

Osazení měřicího přístroje i nulté čtení musí proběhnout ještě před ovlivněním horninového masivu či sledovaného systému ražbami. Jen tak lze dokumentovat celý průběh chování masivu během stavby.

Nultá měření mají význam referenčních měření. Jsou prováděna v době, kdy měřené veličiny ještě zaručeně nejsou ovlivněny zahájením výstavby či ražeb.

U měřidel, kde je to možné, se doporučuje provést minimálně 3 po sobě jdoucí nultá měření k ověření stavu sledovaného systému ještě před zahájením stavebních prací (např. měření prováděná z povrchu). Pokud jsou výsledky v době prvních měření již ovlivněny probíhajícími stavebními pracemi, je nutno tuto skutečnost zdokumentovat a velikost tohoto ovlivnění pro účely interpretace výsledků měření odhadnout a zaznamenat. První takto provedená měření jsou označována jako počáteční měření.

3.3.5. Zprovoznění kanceláře monitoringu

Kancelář monitoringu musí být jako celek zprovozněna ve všech jejích částech ještě před osazením měřidel a zahájením měření na stavbě (viz kapitola 4.1).

Pro účely ukládání naměřených dat musí být před zahájením měření vytvořena databáze monitoringu.

3.3.6. Zprávy o vybudování systému monitoringu

Informace o průběžném stavu osazení a nultých či počátečních měření jednotlivých prvků monitoringu je podávána na KDM, viz kap. 4.2. Zejména jsou popisovány odchylky od realizačního projektu monitoringu.

Po provedení ucelené etapy osazení měřidel jsou zpracovávány etapové zprávy o provedených osazovacích pracích.

Smyslem zpráv je podat jednotlivým účastníkům výstavby vyčerpávající sdělení o tom, kde, jak a jaké měření se provádí a kde, jak a jaká měřidla jsou zabudována.

Ve zprávách se musí popsat a zdůvodnit veškeré odchylky od realizační dokumentace monitoringu a uvést všechny okolnosti, které při osazování jednotlivých měřicích zařízení nastaly a které mohou mít vliv na kvalitu měření dosahovaných výsledků.

Uvádí se, jaká je skutečná přesnost měřidel, s jakou reálnou spolehlivostí lze měření provádět, jaký je rozsah, přesnost a rozlišení měřidel, jejich citlivost na případné vnější vlivy, jako je teplota, vlhkost a podobně. Zpráva je podkladem pro vyhodnocování měření a interpretaci výsledků. Zvláštní důležitost má při vysvětlování příčin naměřených anomálních hodnot a neočekávaných hodnot zjištěných při měření.

Při osazení vybraných měřidel (zejména při osazování měřidel do vrtů) se vyhotovuje protokol o osazení.

V protokolu o osazení se uvedou všechny údaje důležité pro kvalitu měření a identifikaci výsledku měření na daném měřidle. Především:

- datum osazení
- popis osazeného měřidla,
- geologický profil vrtu, včetně informace o podzemní vodě (v případě osazení měřidla do vrtu),
- postup osazení měřidla, včetně nezbytných schémat (pažení vrtu, injektáž apod.),
- polohové a výškové zaměření měřidla (případně zhlaví vrtu),
- poloha čelby/čeleb vzhledem k měřicímu profilu v době provedení nultého měření.

U bodů osazených na stavební konstrukce je nutné uvést statické schéma stavební konstrukce a umístění měřidla.

Součástí každé dílčí zprávy o osazení měřidel je situace staveniště nebo situace sledované oblasti s vyznačením skutečné polohy všech měřicích míst a s rozlišením jednotlivých druhů měření.

V situaci se vyznačují i všechny stavební objekty, pro které se měření dělá. Situace je doplněna dostatečným počtem geotechnických řezů. V nich jsou rovněž vykreslena místa osazení každého měřidla, jsou zhodnoceny místní geotechnické poměry a poloha dotčených objektů.

Součástí zprávy o osazení jsou i informace o nultých měřeních a kalibrační protokoly jednotlivých měřidel.

V průběhu celé výstavby je udržována koordinační situace se zákresem všech osazených měřidel monitoringu.

3.4. Sběr, skladování a zpracování měřených dat

3.4.1. Obecné zásady

Pro zásady sběru, skladování a zpracování dat jsou podstatné skutečnosti, že měřená data pochází z různých míst stavby, z různých částí jednotlivých monitorovaných objektů a jsou pořízena různými

metodami. Získaná data jsou závislá na čase, jsou ovlivněna lokalizací měřeného místa vůči právě se nacházející ražené dílčí čelbě tunelu, použitou technologií ražby atd.

Předem musí být proto vypracován jednotný způsob identifikace každého měřicího místa, měřicí aparatury a jejích parametrů. Z identifikace musí být dále zřejmé místo měření, typ měřené veličiny, typ měřicího přístroje, datum měření a pořadové číslo měření.

Veškerá měřená data musí být přehledně uložena společně, v jednotné databázi, aby data mohla být hodnocena ve vzájemných souvislostech.

Data z monitorovacího systému musí být účastníkům výstavby k dispozici pro rozhodovací proces co nejrychleji po změně. Plnění tohoto požadavku musí být definováno v dokumentaci monitoringu.

Sběr, zpracování a vyhodnocování dat se provádí dle realizační dokumentace monitoringu.

Sběr dat se může provádět ručně nebo automaticky.

Základní rozhodnutí o způsobu sběru dat a kvalitě dat musí být provedeno již ve stadiu zpracovávání zadávací dokumentace monitoringu, protože souvisí s požadavky na rychlost jejich zpracování, počtu uživatelů výstupů monitoringu i s cenou za monitoring.

3.4.2. Ruční sběr dat

Ruční sběr dat se provádí, když je celkové množství dat malé a nevyplatí se dálkový automatický sběr a přenos dat.

Ručně pořizovaná data se vždy zaznamenávají do předem připravených formulářů a bezprostředně po ukončení sběru dat se přenáší do databáze a vyhodnocují se.

Formuláře pro sběr dat obsahují předpis nejen pro vlastní měřená data, ale i pro všechny ostatní faktory, které mohou výsledky měření prostorově i časově ovlivnit (např. počasí, srážky, teplota okolního prostředí v okamžiku měření, postup ražeb).

Každý záznam musí obsahovat místní i časové údaje. Jde o název lokality, označení měřeného místa, pořadí měření, druh měřidla, přesný okamžik měření a jméno autora měření.

3.4.3. Automatický sběr dat

Automatický sběr dat, případně jejich dálkový přenos je obvyklým způsobem na stavbách tunelů. Lze jej dělat dvěma způsoby:

1. Čidlo je vybaveno zařízením, které umožňuje jak samočinný odečet dat v nastavitelných časových úsecích, tak i jejich uložení do elektronické paměti přímo na místě měření.
2. Čidla jsou propojena měřicí ústřednou (tzv. datalogger) a ta je spojena „on line“ (vysílačkou, v síti GPRS apod.) s ústřednou a počítačem, umístěnými ve vyhodnocovací kanceláři monitoringu. Počítač průběžně řídí odečet, dopravu, utřídění i zpracování změřených dat.

Automatické systémy nenahrazují komplexní posouzení inženýrského problému. To musí vždy udělat odpovědný geotechnik.

3.4.4. Primární data

Primární data jsou data přímo získaná měřením, bez úprav pro vyhodnocování.

Primární data získaná měřením jsou v databázi uložena odděleně od dat již zpracovávaných a analýz na nich prováděných. Musí být zajištěno, aby se v primární databázi anomální data nemohla upravovat, dodatečně měnit nebo aby nebyla neodborným zásahem poškozena či ztracena.

3.5. Skladování a transport změřených dat k uživatelům

Veškerá data, včetně hodnocení, musí být „on line“ kdykoliv a kdekoliv přístupná všem kompetentním účastníkům výstavby.

Tomu dnes nejlépe vyhovují specializované počítačové databáze, napojené na internetovou síť. V nich jsou společně uloženy nejen všechny druhy měření, ale i veškeré informace o skutečnostech, které mohou výsledky měření ovlivnit.

Transport dat a počítačová databáze musí být bezpečně chráněna před nežádoucím vniknutím zvenčí, úpravou nebo poškozením dat.

Počítačová databáze musí umožnit export uložených dat do dalších podprogramů, umožňujících operativní zpracování dat pro jejich hodnocení a interpretaci (časové řady v různých měřítkách a formách, porovnávání průběhů různých měření atd.).

3.6. Zpracování a prezentace dat

3.6.1. Obecné zásady

Získaná data ze systému monitoringu je třeba uspořádat a vyhodnotit tak, aby byly na první pohled zřejmé veškeré změny od posledního měření a aby se ihned projevíly veškeré nepravidelnosti v získaných výsledcích.

Výsledky měření se zpracovávají a předkládají tak, aby bylo možno posuzovat trendy ve vývoji chování horninového masivu a stavebních konstrukcí v čase.

Výsledné trendy v chování sledovaného systému se pak porovnávají s přijatou hypotézou přetváření.

Při grafickém zobrazování výsledků měření, zejména jejich časových průběhů, se podle potřeby volí různá měřítka. To je důležité například při hledání trendů pro delší časová období. Doporučuje se, aby internetové rozhraní pro prohlížení výsledků měření umožňovalo volit měřítka zobrazení.

Data, která svým množstvím a homogenitou vyhovují požadavkům statistického počtu, lze podrobovat metodám statistických rozborů.

Při hodnocení počítačem zpracovávaných dat se nesmí potlačit role inženýrského úsudku.

Základní programové vybavení pro hodnocení dat z monitoringu musí být odladěno ještě před zahájením měření.

3.6.2. Grafické znázorňování dat

Nejběžnějším způsobem grafického znázornění jsou průběhy měřených hodnot v závislosti na čase a/nebo v závislosti na vzdálenosti čelby od měřidla. Bývají využívány k extrapolaci dalšího průběhu změn měřených veličin v budoucím období.

Prostý časový průběh absolutních hodnot měřených veličin se v případě potřeby doplňuje i časovým průběhem rychlostí a časovým průběhem zrychlení změn měřených veličin. Smyslem je nalézt důležité změny v chování horninového masivu, posuzovat, zda vývoj spěje ke zklidnění anebo naopak, zda pokračuje progresivním porušováním.

Pro rozbor časových průběhů se v případě potřeby volí různá měřítka. Vhodné měřítko usnadní kromě jiného rozlišit skutečné změny v chování horninového masivu jako celku, od časově omezených změn, způsobených převážně místním rozdělením napjatosti, spojeným s progresivním porušováním (stick slip efekt).

Dalším druhem rozboru výsledků měření je vzájemné porovnávání časového vývoje sledovaných veličin s časovým vývojem všech činitelů, které mohou sledované hodnoty ovlivňovat. (Např. postup ražeb, technologické přestávky, geologické anomálie, extrémní srážky atp.). Takové porovnání odhalí vztah mezi příčinami a následky a poskytne podklady k odůvodněnému stanovení podkladů pro úpravu varovných stavů.

Nejsouhrnnějším způsobem grafického zpracování dat je plošné nebo dokonce prostorové zpracování do formy izochar stejných hodnot sledovaných veličin (například izočáry stejných poklesů povrchu terénu nad tunelem).

3.7. Součinnost účastníků výstavby při provádění monitoringu

3.7.1. Zásady

Jednotlivé konkrétní kompetence účastníků výstavby při provádění monitoringu musí být stanoveny již v projektu monitoringu na úrovni DSP a DZS a v RDS monitoringu. Musí být zapracovány i do systému řízení výstavby, systému jakosti výstavby a řízení rizik v průběhu výstavby.

Hlavní účastníci výstavby, kteří musí spolupracovat i při provádění a interpretaci výsledků monitoringu, jsou kompetentní zástupci objednatele (investora) a přímého zhotovitele podzemního díla. Při provádění monitoringu a hodnocení jeho výsledků dále dle své smluvně definované odpovědnosti v ZOP spolupracují:

- Zhotovitel monitoringu
- Zhotovitel stavby a RDS stavby
- Zhotovitel projektové dokumentace DSP, DZS stavby a autorský dozor projektanta
- Zhotovitel geotechnického průzkumu, případně doplňkového průzkumu
- Objednatel (správce) stavby, zadavatel monitoringu
- Smluvní konzultanti objednatele (správce) stavby, zhotovitele, supervizoři či nezávislí experti

K úzké spolupráci účastníků výstavby dochází jednak na KDM viz. kap. 4.1.1 a 4.1.3, jednak v případě potřeby denně.

Denní jednání se provádí zpravidla před začátkem pracovní směny na základě operativního zhodnocení výsledků měření a geotechnické dokumentace. Jeho cílem je potvrzení stávajícího nebo úprava dalšího postupu ražeb. Vychází se přitom z "nabídky" RDS stavby. (Volba optimální technologické třídy výrubu, detail způsobu zajištění stability výrubu nebo zajištění velikosti přípustných deformací ostění tunelu, nadloží či nadzemních objektů).

Rozhodnutí provedená na základě denních porad jsou protokolárně zaznamenávána do stavebního deníku. (Případně se pro tento účel vede samostatná, ale právně nedílná část stavebního deníku pro monitoring. (Viz ČSN 737507).

K širšímu jednání dochází při projednávání komplexních výsledků monitoringu a při souvisejícím na tom navazujícím rozhodovacím procesu. To se děje na pravidelných (obvykle týdenních) jednáních KDM (viz kap. 4.1.).

3.7.2. Kompetence jednotlivých účastníků výstavby při provádění monitoringu

Monitoring je komplexní činnost úzce provázána s postupem stavby. Jeho výstupy průběh výstavby významně ovlivňují. Účastníci výstavby musí proto v rámci svých kompetencí vycházejících ze smluvních vztahů a obecně platných závazných předpisů, TP, TKP i ZTKP při provádění monitoringu úzce spolupracovat.

Obvyklé kompetence hlavních účastníků výstavby při monitoringu jsou nastaveny následujícím způsobem:

Projektant DSP a ZDS stavby

Projekt monitoringu na úrovni DSP a DZS (viz kap. 3.2.), zadávací dokumentace monitoringu stanovování varovných stavů a jejich kritérií v projektu monitoringu na úrovni DSP a DZS.

Schvalování realizační dokumentace monitoringu.

Schvalování úprav varovných stavů a kritérií pro jejich vyhlášení v průběhu výstavby a zásadní stanovisko pro objednatele (správce stavby, technického dozoru) k vlastnímu vyhlášení varovných stavů.

Dále schvalování úprav realizační dokumentace monitoringu a RDS stavby v návaznosti na komplexní hodnocení výsledků monitoringů a přijímání technických (projektových opatření).
Zpracování návrhu technologických tříd výrubu a zásad jejich aplikace ve vazbě na geotechnickou dokumentaci, výsledky monitoringu a konkrétní varovné stavby.

Spolupodílí se na návrhu opatření vedoucích k včasné eliminaci vzniku varovného stavu.
V průběhu výstavby spolupracuje se zhotovitelem realizační dokumentace stavby a se zhotovitelem monitoringu.

Objednatel, správce, investor stavby

Schvalování realizační dokumentace monitoringu.

Konečná rozhodnutí ve všech věcech, které se týkají změn projektu monitoringu a provádění monitoringu, financování monitoringu, změn DSP a RDS stavby v návaznosti na hodnocení výsledků monitoringu.

Vyhlášení varovného stavu viz kap.4.3. (Na základě podkladu zásadního stanoviska projektanta DSP a názoru ostatních účastníků výstavby).

Přitom vychází ze stanovisek jednotlivých účastníků výstavby vyplývajících z jejich kompetencí.

Zhotovitel monitoringu

Zpracování realizační dokumentace monitoringu, vybudování systému monitoringu (Viz kap. 5.4, spolupráce s ostatními účastníky výstavby tunelu ve smyslu kap. 3.7., provádění vlastního měření pro různé úlohy definované projektovou dokumentací monitoringu ve smyslu kap. 3.8. včetně geotechnické dokumentace (Viz kap. 3.9.3., 3.9.4. a 3.9.5.) a vedení kanceláře monitoringu ve smyslu kap. 4.1., příprava komplexních podkladů pro vyhlášení varovných stavů dle kap 4.3.

Zhotovitel RDS stavby, zhotovitel stavby

Schvalování realizační dokumentace monitoringu.

Vyjadřování se ke všem aspektům, které se týkají změn projektu monitoringu a provádění monitoringu, změn DSP a RDS stavby v návaznosti na hodnocení výsledků monitoringu.

Vyjadřování se k výsledkům hodnocení odlišných geotechnických podmínek stavby.

Předkládání stanovisek k aplikaci technologických tříd výrubu ve vazbě na geotechnickou dokumentaci, výsledky monitoringu a konkrétní varovné stavby.

Zajištění geologické dokumentace ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1966 Sb., ve znění pozdějších předpisů

Vyhlášení havarijního stavu (Viz kap.č. 4.3.8.).

Převzetí řízení výstavby i monitoringu v případě vyhlášení havarijního stavu.

Součinnost zhotovitele stavby a objednatele se zhotovitelem monitoringu

V dokumentaci pro zadání stavby i v dokumentaci monitoringu a následně ve smlouvě o dílo mezi jednotlivými účastníky výstavby musí být uvedeny požadavky na součinnost zhotovitele stavby se zhotovitelem monitoringu. Zejména musí být specifikovány základní časové nároky na provádění měření a případná další omezení zhotovitele podzemního díla vyplývající z provádění monitoringu, například součinnosti při budování systému monitoringu. V žádném případě však omezení vlivem provádění monitoringu nesmí vést ke snížení bezpečnosti práce, zhoršení stability výrubu nebo ohrožení objektů v nadloží.

Tyto požadavky musí být včas projednány a zahrnuty do smluvních vztahů (objednatel, zhotovitel stavby, zhotovitel monitoringu).

Realizační dokumentace stavby i realizační dokumentace monitoringu musí být vzájemně ve všech aspektech dotýkajících se provádění monitoringu provázané.

Požadavky zhotovitele monitoringu na zhotovitele stavby je možné rozdělit do 4 skupin:

- Poskytnutí technického a kancelářského zázemí na stavbě
- Strpění monitoringu v průběhu výstavby (přerušování prací zhotovitele stavby při měření)

- Součinnost zhotovitele při budování systému monitoringu (osazování bodů pro měření deformací ostění, vrtné práce, atp.)
- Poskytování údajů zhotovitelem a správcem stavby o postupu výstavby, změnách technologií, vlastní měření zhotovitele atp.

Objednatel (zadavatel stavby a zadavatel monitoringu) dbá na to, aby požadavky na součinnost zhotovitele stavby a zhotovitele monitoringu byly respektovány a pro respektování těchto požadavků byly vytvořeny finanční předpoklady.

Poskytování údajů o postupu výstavby - součinnost s objednatelem (správcem) stavby

Zhotovitel monitoringu musí mít od objednatele (správce) stavby a od zhotovitele stavby pro interpretaci výsledků měření relevantní informace o průběhu výstavby, o postupu prací a o všech jevech, které mohou mít na výsledky měření vliv (projevy technologické nekázně zhotovitele výstavby, přestávky a znovu zahájení prací, počátky a ukončení pracovních cyklů, změny v technologii ražeb, injektážní tlaky, geologické anomálie atd.).

Způsob pravidelného poskytování těchto informací, včetně odpovědnosti za jejich zajištění a součinnost účastníků výstavby se zhotovitelem monitoringu, musí být součástí smlouvy o dílo mezi objednatelem a zhotovitelem stavby, resp. monitoringu. Následně je způsob provádění popsán v realizační dokumentaci monitoringu a projednán se zhotovitelem stavby.

3.7.3. Provázanost smluvních vztahů mezi účastníky výstavby a zhotovitelem monitoringu

Součástí ZDS jsou i ZOP. V nich musí být popsány a konkrétně určeny smluvní zodpovědnosti a kompetence všech účastníků výstavby ve vztahu k provádění monitoringu ve smyslu kapitoly 3.7., 4.1.2. a 4.1.3.

3.8. Typické úlohy při monitoringu výstavby tunelů

Podle charakteru díla patří k typickým úlohám při monitoringu výstavby tunelů:

- Reakce horninového masivu a ostění tunelu na ražbu
- Monitoring portálů tunelu a jejich okolí
- Monitoring vlivu ražby na sousední podzemní objekty
- Monitoring vlivu geologických anomálií
- Monitoring průběhu poklesové kotliny a objektů na povrchu terénu
- Monitoring při přerušení ražeb a technologických přestávkách
- Monitoring při zmáhání mimořádných událostí

3.8.1. Reakce horninového masivu a ostění tunelu na ražbu

Základním měřením reakce výrubu a ostění na ražbu tunelu je měření deformace výrubu v závislosti na čase.

Deformační měření může být doplněno o měření přetváření horninového masivu okolo výrubu tyčovými extenzometry, případně inklinometry, nebo klouzavými deformetry.

Dalším typem měření reakce výrubu a ostění tunelu na ražbu je měření napětí na kontaktu betonu primárního ostění a horninového masivu, případně měření napětí v betonu primárního či sekundárního ostění.

Doplňujícím měřením je měření změn teploty ovzduší uvnitř tunelu a měření vývoje teploty v ostění tunelu (hydratační teplo), hydrostatický tlak na ostění tunelu, změny polohy hladiny podzemní vody atp.

A. Měření deformace výrubu/primárního ostění

Měření deformací výrubu, resp. primárního ostění v průběhu ražeb je základní monitorovací metoda během výstavby tunelu.

Měřením deformací výrubu se rozumí zjišťování posuvů pevných bodů instalovaných pevně do primárního ostění (měřických bodů). V odůvodněných případech se ve sdružených profilech mohou sledovat i deformace sekundárního ostění. Viz kap. 2.2.1.1.

Měření u malých výrubů (do cca 35 m²) se obvykle provádí konvergenčními pásmy či kontaktními tyčovými měřidly. V tom případě je vhodné aspoň jeden bod profilu kontrolovat trigonometricky, popřípadě nivelačně.

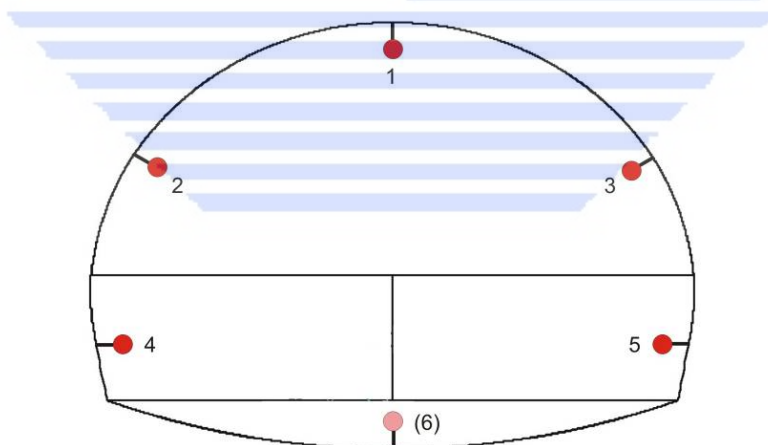
U silničních a dálničních tunelů, stejně jako u souvisejících podzemních objektů odpovídajících rozměrů, se měření deformace výrubu provádí standardně opticky. Výsledkem měření jsou všechny tři složky prostorového posuvu měřického bodu (svislá, vodorovná ve směru podélné osy tunelu a vodorovná ve směru kolmém na podélnou osu tunelu).

Měřické body se fixují do betonu primárního ostění tunelu bezprostředně po stabilizačním nástřiku výrubu betonem a to vždy co nejbližše čelbě. V případě členění výrubu na více dílčích výrubů se měřické body osazují tak, aby v příčném řezu tvořily jeden měřický profil. Osazování měřických bodů nesmí omezit bezpečný postup zajišťování stability výrubu.

První měření (viz kap. 1.1.13.) se musí provést co nejdříve po osazení bodu.

V záznamu o měření deformace výrubu musí být i informace o vzdálenosti měřického profilu od čelby a o době, která skutečně uplynula mezi provedením odpalu (v případě rozpojování pomocí trhacích prací) nebo ukončením rozpojování na celou délku záběru (v případě mechanického rozpojování horniny), osazením měřického bodu a provedením prvního měření na daném měřickém profilu.

Minimální počet bodů v každém měřickém profilu při ražbě hlavní tunelové trouby je pět. Viz obr. č. 3.1. U menších profilů (propojky, vzduchotechnické a technologické objekty atd.) mohou stačit tři měřické body.



Obr. č. 3.1. Typické rozmístění měřických bodů po obvodu ostění

Při ražbě s členěným výrubem se počet bodů v měřickém profilu upravuje tak, aby při každém dílčím záběru v místě měřického profilu byla k dispozici dostatečná informace o deformaci horninového masivu, ostění či jeho části.

Měření deformace výrubu se provádí v měřických profilech kolmých na podélnou osu tunelu. Měřické profiley jsou mezi sebou umístěné ve vzdálenostech polovina až několik průměrů tunelu, podle místních geologických poměrů, zvolené technologie ražby, aktuálního geotechnického rizika a

v závislosti na konkrétním cíli monitoringu. Vzdálenost měřických profilů v rámci technologické třídy výrubu je zpravidla konstantní.

Pokud je konkrétním cílem monitoringu kontrola shody skutečných a předpokládaných deformací sledovaného systému podle prognózy uvedené v dokumentaci stavby, tak se v příslušném měřickém profilu provádí pouze měření deformací výrubu. V tom případě se jedná o tzv. jednoduchý měřický profil a ve smyslu TKP-D kap. 7, příloha č. 1, o tzv. operativní monitoring.

Pokud je cílem monitoringu i ověření hypotézy přetváření horninového masivu jako celku, přijaté pro zhotovení projektové dokumentace tunelu a ražeb, kontrola geotechnických výpočtů atp., případně se měření provádí v anomálních geologických poměrech, tak se měřické profily pro měření deformací výrubu doplňují podle konkrétní potřeby o další typy měření - o měření deformací v okolí výrubu (tyčové extenzometry, inklinometry a klouzavé deformetry), tlakové podušky, případně u mělkých tunelů o nivelační měření na povrchu terénu a další. V tom případě se jedná, ve smyslu TKP-D, kap. 7, příloha č.1, o tzv. kontrolní monitoring.

Měřický profil, kde je prováděno více typů měření, se nazývá sdružený měřický profil.

Sdružené měřické profily se osazují jednak do reprezentativních míst, které byly určeny na základě zvoleného geomechanického modelu a hypotézy přetváření systému ostění - hornina, jednak do anomálních a kritických míst určených geotechnickými poměry nebo projektovým řešením tunelového ostění.

Pokud se při ražbě tunelu aplikuje observační metoda a cílem monitoringu je optimalizovat způsob zajištění stability výrubu tunelu, např. zapojením horninového masivu do přenášení zatížení na tunelové ostění, nebo získání podkladů pro dimenzování definitivního ostění, tak se postupuje obdobně. Počet sdružených měřických profilů je pak přiměřeně upraven.

Prezentace a hodnocení výsledků měření deformací výrubu

Deformační reakce výrubu na ražbu tunelu je závislá na čase.

Tato reakce v závislosti na čase má dvě složky.

- Deformace následkem změny napjatosti v okolí výrubu v důsledku postupu ražby a vzdalující se čelby od měřického profilu (tyto změny probíhají rovněž v čase).
- Reologické chování hornin, kdy deformace již probíhá při víceméně konstantní úrovni napjatosti. (Primární creep). Pokud v této fázi probíhají deformace konstantní byť malou rychlostí, jedná se o tzv. sekundární creep. Ten odpovídá kritickému stavu, viz kap. 4.3.7, kdy se deformační proces může kdykoliv zrychlit, nebo naopak zastavit.

Pokud přetváření probíhá při napjatosti, která je blízká pevnosti hornin, respektive sledovaného systému, může po určité době primárního či sekundárního křepeu dojít k náhlému progresivnímu růstu deformací a k ztrátě stability systému. (terciární creep -viz havarijní stav kap. 4.3.8.)

Výsledky jednotlivých měření deformací výrubu proto z počátku znázorňují celkový průběh deformace (obou složek). V situaci, kdy je čelba tunelu od měřického profilu již vzdálena několik průměrů tunelu, je složka deformace daná změnou napjatosti vlivem porušení rovnovážného stavu již zanedbatelná či nulová.

Grafická hodnocení průběhů deformací výrubu je proto nezbytné doplnit znázorněním aktuální polohy čelby každého dílčího výrubu (při ražbě s členěným výrubem) vůči konkrétnímu měřickému profilu.

Zvlášť se prezentují výsledky svislých a vodorovných deformací výrubu ve směru kolmém a rovnoběžném vůči podélné ose tunelu. Dále se prezentují vektory deformace výrubu ve svislé rovině kolmé na podélnou osu tunelu a v rovině svislé, rovnoběžné s podélnou osou tunelu.

Při hodnocení výsledků měření deformace výrubu, zejména pokud jsou použity jako podklad pro stanovení hodnot kritérií varovných stavů, je třeba vzít v úvahu následující skutečnosti:

- Deformační proces horninového masivu je sám o sobě procesem časově závislým.
- V průběhu ražeb se různě uplatňují různé vlivy, které tento časový průběh ovlivňují (způsob ražeb, změna geologických podmínek, vliv technologické nekázně atp.).
- Časová sekvence ražeb se mění. Různé technologické prvky ražby jsou nasazovány v různém čase. Z nich každý může být aplikován různým způsobem a s různým rozsahem.
- Počáteční měření nemusí být na každém měřeném profilu provedeno v zcela stejných okamžicích, vzhledem k časové sekvenci ražeb a měřické profily mohou být v různých vzdálenostech od čelby.
- Momentální orientace strukturních prvků horninového masivu vůči čelbě se může měnit od čelby k čelbě.
- Parametry díla (geometrický tvar výrubu, skutečná tloušťka primárního ostění, členění čelby na dílčí výrubu atd.).
- Způsob provádění ražby, časová prodleva nutná k osazení měřických bodů a profilů, a to včetně neplánovaných technologických přestávek v ražbě či větších či menších technologických nedokonalostí v jejím průběhu.

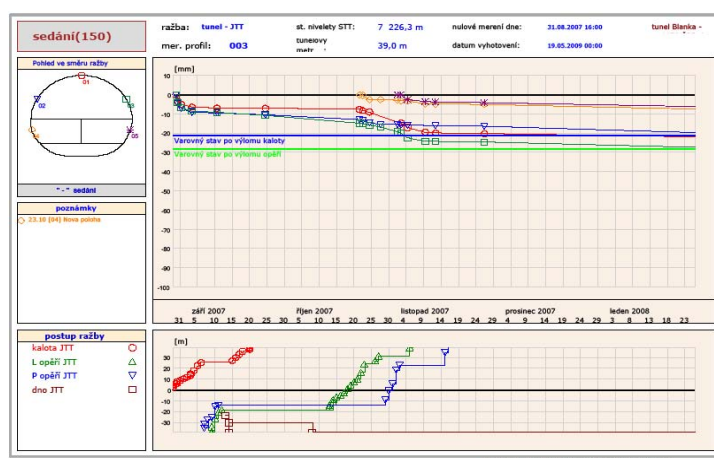
Důsledkem výše uvedených skutečností jsou neustále probíhající ne zcela identifikovatelné změny ve způsobu zatížení výrubu a ostění.

Částečné zkreslení výsledků měření vyplývá z toho, že při počátečním měření již určitá část deformace v měřeném místě proběhla před čelbou, nebo v okamžiku od provedení výrubu do provedení prvního měření. Tyto vlivy je proto třeba v průběhu ražeb důsledně, spolehlivě a výstižně dokumentovat spolu s výsledky vlastního měření.

Výsledky měření deformace výrubu, získávaných standardně při monitorování průběhu ražeb tunelu, musí být vždy interpretovány s přihlédnutím k těmto možným zkreslením. Tam, kde je to účelné a možné, je třeba je při interpretaci korigovat s pomocí jiných typů měření. Například pomocí svislých inklinometrů nebo extenzometrů, osazovaných z povrchu území v dostatečném předstihu před ražbou, čímž je možné velikosti a průběhy deformací před čelbou stanovit.

Standardní prezentace výsledků měření deformace výrubu

Standardním způsobem prezentace výsledků měření deformace výrubu, resp. primárního ostění během ražby je prostý časový průběh složky vektoru deformace jednotlivých měřických bodů. Tyto grafy jsou na časové ose vždy doprovázeny znázorněním polohy čelby dílčích výrubů vůči aktuálnímu měřickému profilu (obr. č. 3.2.).

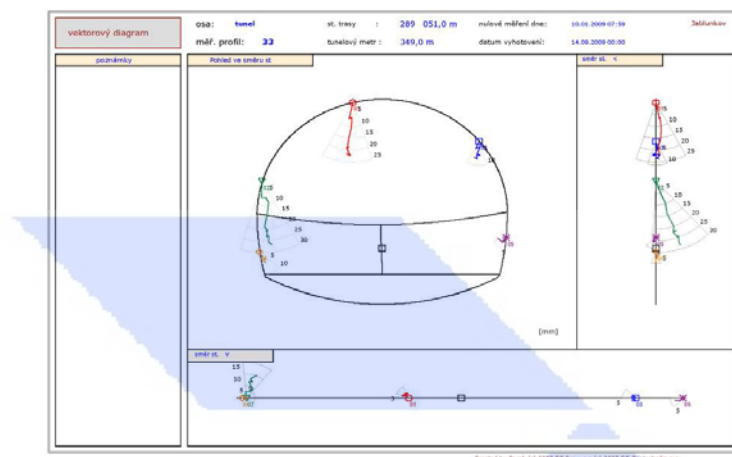


Obr. č. 3.2. Standardní grafická prezentace výsledků měření deformace výrubu v čase

Znázornění aktuální polohy čeleb dílčích výrubů vůči měřickému profilu má zásadní důležitost, protože na časové ose vymezuje:

- okamžik, kdy se deformace zrychlují v reakci na další krok ražby (např. výlom, kaloty, jádra, dna)
- okamžik, kdy již dochází k obnově rovnovážného stavu napjatosti a v optimální situaci by mělo docházet k uklidňování deformací výrubu. Uklidňováním deformací se rozumí snižování rychlosti deformací.

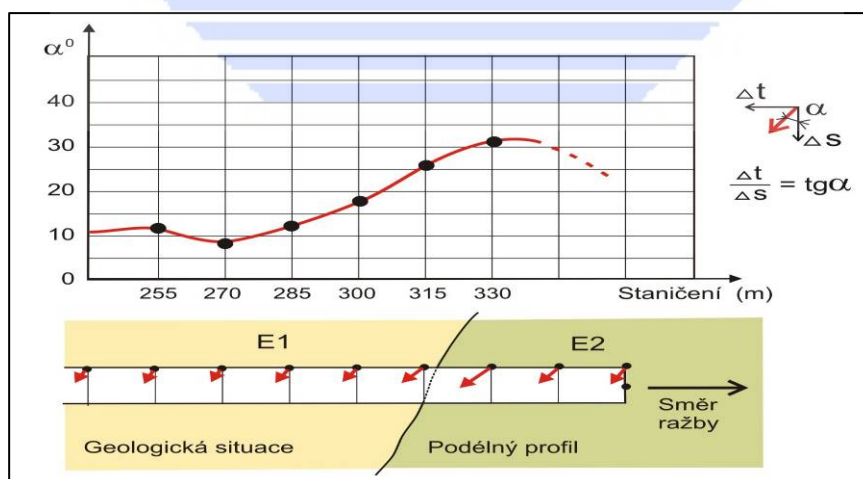
Další běžnou prezentací výsledků měření je znázornění vektoru deformace měřického bodu v rovině kolmé na podélnou osu tunelu (vektor je definovaný vodorovnou a svislou složkou deformace měřického bodu), viz obr. č. 3.3.



Obr. č. 3.3. Grafické znázornění vektorů posuvů měřických bodů

Znázornění tangenciální složky posuvu měřického bodu

Tangenciální složka deformace měřického bodu je definována jako vodorovná složka vektoru deformace ve směru podélné osy tunelu. Výhodně se tangenciální složka znázorňuje spolu se svislým sedáním měřického bodu ve vrcholu klenby ve formě vektoru, viz obr. č. 3.4.



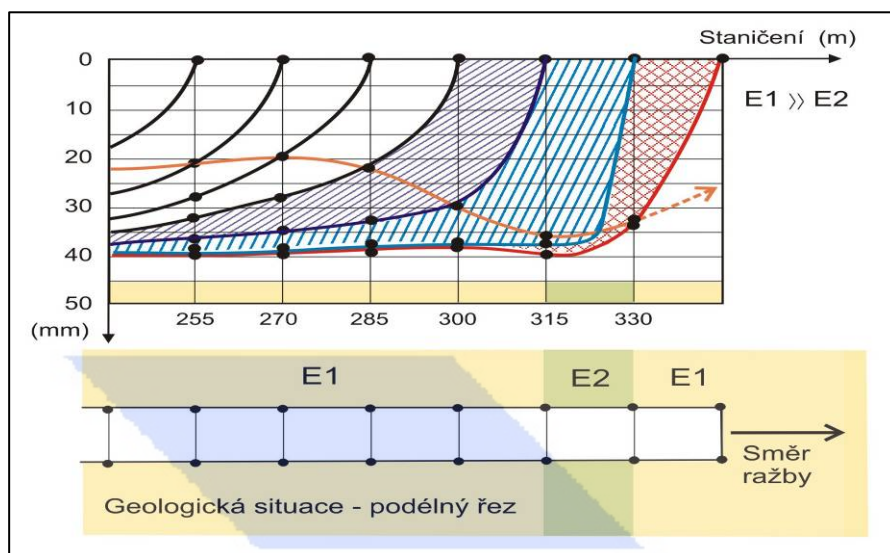
Obr. č. 3.4. Změny vektoru deformace výrubu s tangenciální složkou posuvů při přibližování čelby k horninovému masivu s výrazně horšími vlastnostmi.

Obě složky vektoru deformace musí odpovídat posuvům za stejných podmínek, tj. měření deformace výrubu musí být korigováno na stejnou vzdálenost měřických profilů od čelby a stejnou časovou prodlevu mezi dokončením záběru a osazením měřického .

Průběžné čáry deformací

Průběžné čáry deformací jsou čáry spojující hodnoty posuvů konvergenčních bodů podél staničení tunelu, změřené vždy ve stejné době po dokončení záběru procházejícího daným konvergenčním profilem.

Výsledky konvergenčního měření se pro tento způsob prezentace korigují s přihlédnutím k době, kdy bylo provedeno měření a na stejnou vzdálenost příslušného konvergenčního profilu od čelby (v okamžiku kdy se provádělo počáteční měření), viz obr. č. 3.5.



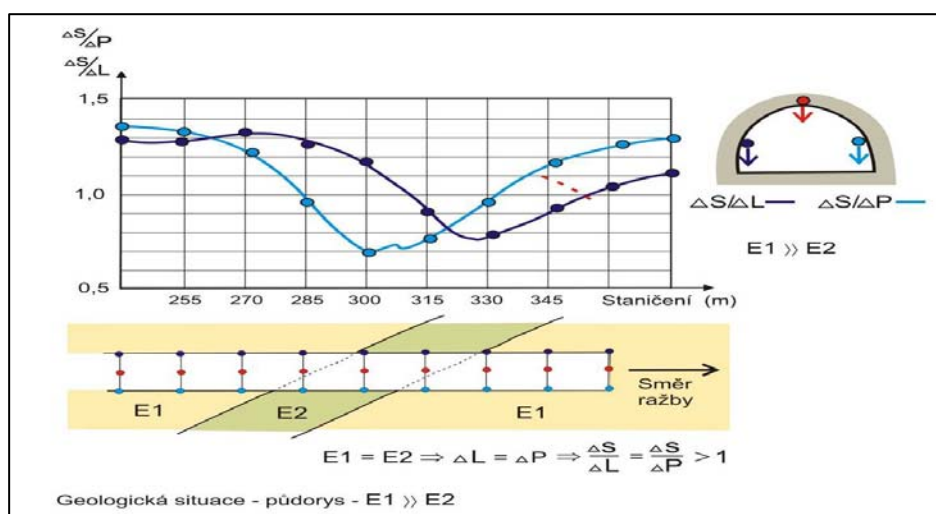
Obr. č. 3.5. Průběžné čáry posuvů konvergenčních bodů

Čáry poměrných posuvů dvou měřických bodů téhož profilu

Čáry poměrných posuvů dvou měřických bodů téhož profilu znázorňují podél podélné osy tunelu, poměrné posuvy mezi dvěma vybranými body měřického profilu.

Doporučuje se znázornit poměr mezi svislým posuvem měřického bodu osazeného ve vrcholu klenby primárního ostění tunelu a svislým posuvem měřického bodu osazeného v jednom nebo v obou opěřích primárního ostění tunelu.

Pro hodnocení je třeba splnit podmínku, že posuvy jsou změřeny ve stejném okamžiku po průchodu čelby měřickým profilem. Viz obr č. 3.6.



Obr. č. 3.6. Čáry poměrných posuvů konvergenčních bodů

Tento způsob grafického znázornění měření deformace výrubu přehledně vymezuje úseky tunelu s nesouměrnými deformacemi systému „horninový masiv - ostění“.

Stejným způsobem lze znázorňovat i poměry jiných složek posuvů měřických bodů v jednom měřickém profilu (radiální, tangenciální atp.).

Tvorba inženýrských závěrů z hodnocení výsledků měření deformací ostění

Při přijímání inženýrských závěrů, na základě interpretace výsledků měření deformace výrubu, je třeba možná, výše uvedená zkusmání zohlednit.

Tyto skutečnosti musí být vzaty v úvahu zejména při:

- zařidování horninového masivu do technologické třídy výrubu a případné úpravy jednotlivých prvků zajištění stability výrubu příslušné technologické třídy výrubu,
- využívání zpětných analýz pro zpřesnění hypotézy přetváření a vstupních parametrů do matematických modelů systému ostění - hornina,
- hodnocení, zda bylo či nebylo dosaženo projektem zvolených kritérií varovného stavu,
- výpočtu ztráty objemu horniny,
- rizikové analýze,
- přijímání technických i technologických opatření na základě vzniku různých úrovní varovných stavů,
- dimenzování definitivního ostění tunelu.

Při interpretaci měření deformace výrubu je nutno využít i ostatních výsledků monitoringu (podmínky osazování měřických bodů, extenzometrická a inklinometrická měření ve sdružených profilech atd.).

Podmínkami osazování měřických bodů se rozumí:

- vzdálenosti měřického profilu od čelby,
- doba, která uplynula mezi dokončením předchozího záběru ražby a prvním měřením měřického bodu.

Při předvídání dalšího časového průběhu posuvů měřických bodů se nelze omezovat pouze na prostou extrapolaci jejich dosud změřených hodnot, ale je třeba:

- prognózu doplnit o fyzikální vysvětlení sledovaných jevů (naměřených posuvů),
- uvážit celkové trendy ve sledovaných posuvech,
- průběžně ověřovat, zda monitoringem zjištěný mechanismus přetváření odpovídá z fyzikálního hlediska tomu mechanismu přetváření, který byl podkladem pro vypracování RDS stavby, matematické modelování, návrh varovných stavů a pro dimenzování ostění tunelu.

B. Měření extenzometry

Víceúrovňové tyčové extenzometry slouží ke zjišťování rozdělení deformací horninového masivu podél vrtu, ve kterém je extenzometr instalován.

U mělkých tunelů se extenzometrické vrty všude tam, kde je to možné, provádí z povrchu terénu. U hlubokých tunelů se extenzometrické vrty mohou vrtat z tunelu dovrchně do „vějířů“ vrtů.

Cílem extenzometrických měření ve vrtech může být stanovení dosahu rozvolnění horninového masivu v okolí výrubu (zejména u vrtů vrtaných z tunelu) a provedení dalších druhů měření (presiometrické zkoušky, odběr neporušených vzorků hornin, seismická měření podél vrtu).

Výsledky měření lze použít výhodně pro zpětné výpočty, jejichž cílem je upřesnění skutečných mechanických vlastností horninového masivu, k upřesnění geomechanického modelu použitého pro statický návrh tunelových ostění a pro volbu hodnot kritérií varovných stavů.

Výsledky extenzometrických měření z vrtů, prováděných z povrchu terénu, se používají pro stanovení části deformace horninového masivu probíhající před čelbou, resp. před počátečním měřením na měřickém profilu pro měření deformace výrubu. (Pro stanovení prekonvergence, ztracené konvergence a ke zpřesnění výpočtu objemové ztráty horniny).

Vrty pro extenzometry a další typy zkoušek a měření ve sdružených monitorovacích profilech se proto provádí zásadně jako jádrové.

Jejich přesné situování určuje zpracovatel realizační dokumentace monitoringu po dohodě se zpracovatelem dokumentace tunelu na základě hodnocení závěrů podrobného geotechnického průzkumu.

Situování extenzometrických vrtů prováděných z tunelu i sdružených měřických profilů je možné upřesnit na základě skutečně zastižených geologických poměrů a výsledků měření. V takovém případě se určují na jednání KDM.

Obvyklý počet extenzometrů v jednom vrtu, vymezujících jednotlivé úrovně měření v jednom extenzometrickém vrtu, je 3 až 5.

Extenzometry osazované do vrtů vrtaných z povrchu terénu.

Extenzometrické vrty vrtané z povrchu se obvykle osazují pouze nad osou tunelu. V případě větších profilů tunelů jsou extenzometry osazovány do 3 vrtů uspořádaných do příčného profilu zpravidla kolmého na podélnou osu tunelu. Zhlaví vrtu se musí geodeticky polohově zaměřit.

Nejhlubší kotva extenzometru ve vrtu v ose tunelu se osazuje co nejblíže lince výrubu tunelu, cca ve vzdálenosti 0,5 až 1,0 m od nadvýšeného tvaru výrubu tunelu, v závislosti na použité technologii ražby a předpokládaných technologických i geologických nadvýlomech. Při realizaci předstihového zajištění stropu kaloty (např. mikropilotovými deštníky, jehly) je třeba zajistit, aby nedošlo k poškození extenzometrů.

Umístění extenzometrů osazovaných mimo osu tunelu je třeba rozhodnout na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek a předpokládaného chování horninového masivu. Nejhlubší kotva bočních extenzometrů se osazuje zpravidla do úrovně počvy tunelu. Vodorovná vzdálenost těchto bočních vrtů od nadvýšeného obrysu výrubu se volí 0,5 až 1,0 m. Přihlíží se přitom k technologii ražby a předpokládaným nadvýlomům. Při osazení bočních extenzometrů je třeba zajistit, aby nedošlo k jejich poškození při instalaci radiálních svorníků.

Extenzometry vrtané z tunelu.

U hlubokých tunelů se obvykle extenzometry osazují do vrtů vrtaných z tunelu. V jednom příčném sdruženém profilu se osazuje 3 až 5 extenzometrických vrtů.

Délka vrtů a fixace nejhlubší kotvy musí zasahovat do míst, která již nejsou deformačně ovlivněna ražbou tunelu. Vrty se umísťují co nejblíže čelby, aby hodnota nezměřené deformace výrubu byla co nejmenší.

K posouzení absolutní deformace extenzometrů je nutno, spolu s extenzometrickým měřením, provádět geodetické zaměření zhlaví extenzometrických vrtů.

Extenzometrické vrty vrtané z tunelu je možno využít pro presiometrická měření modulu deformace nebo pro seismická geofyzikální měření.

Doporučený způsob prezentace výsledků extenzometrických měření je uveden na obrázku č. 3.7. a 3.8.

Měření extenzometru EXT II/2 (N2/4)

Ext. profil I. - Vrt v ose tunelu

Celkový pokles terénu a kotev

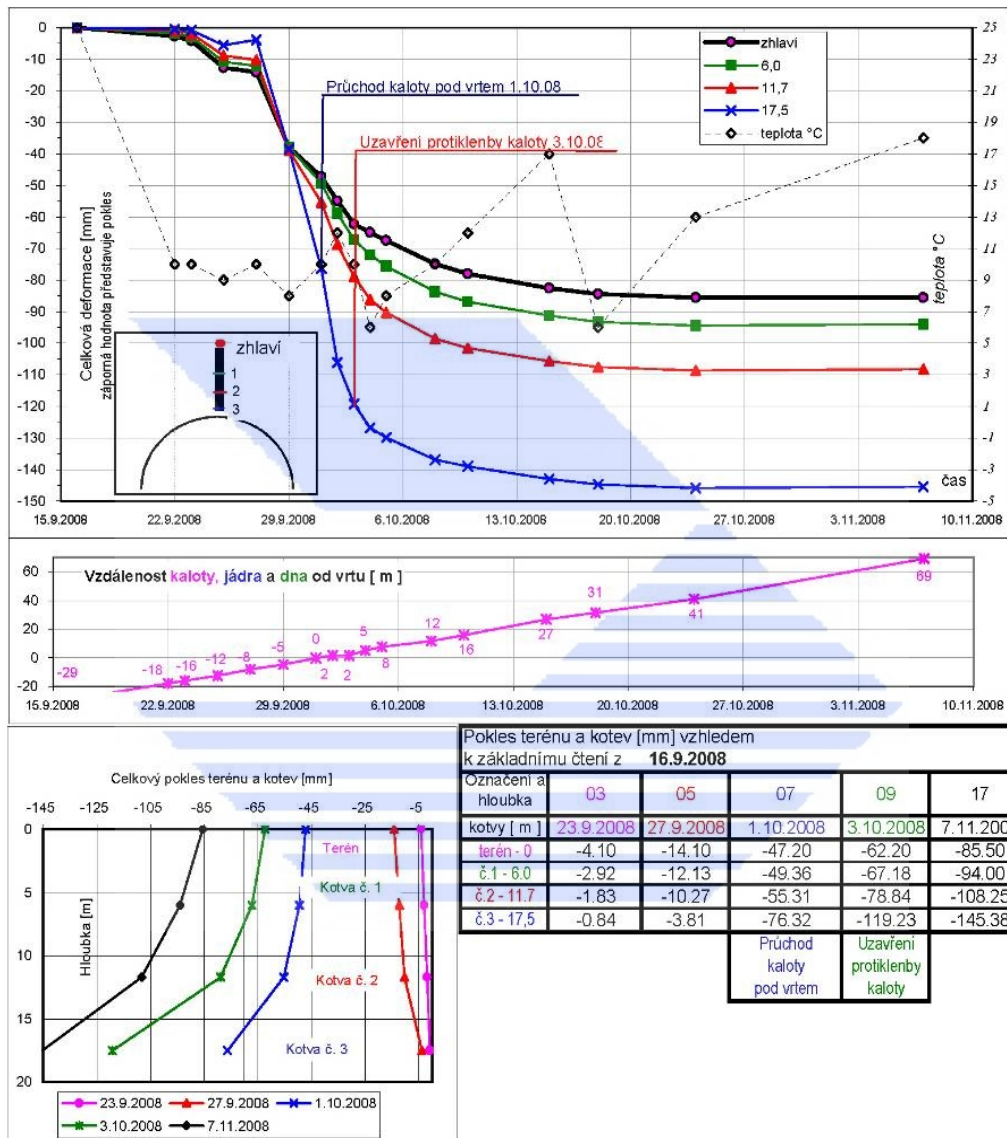
Výsledky: stav k 7.11.2008

Staničení: 190 TM.

Vzdál. vrtu od portálu: 166 m

Zákl. měření: 16.9.2008

Tunel Jablunkov



Obr. č. 3.7. - Doporučený způsob prezentace výsledků extenzometru – celkové posuvy

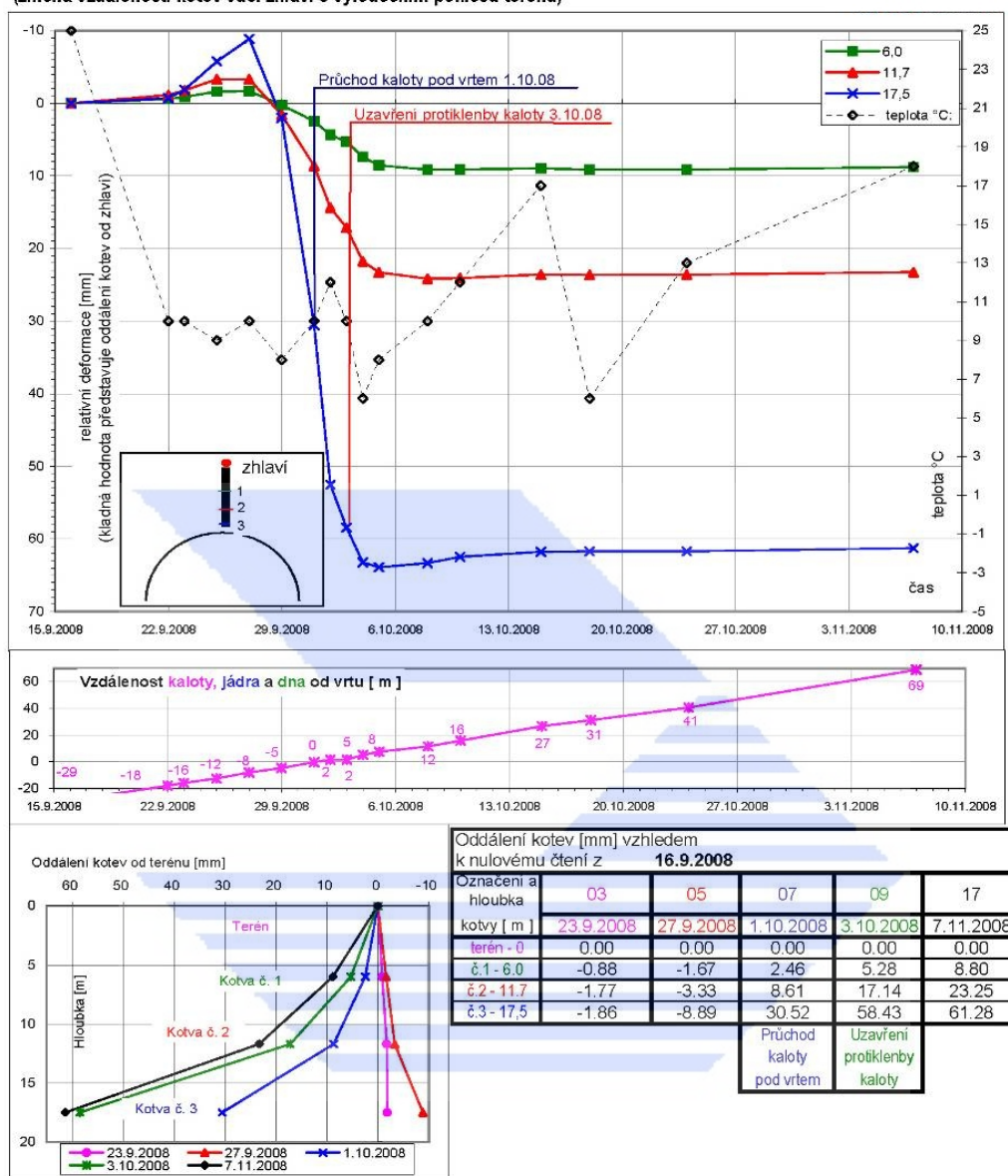
Měření extenzometru EXT II/2 (N2/4)

Staničení: 190 TM.

Relativní deformace

Zákl. měření: 16.9.2008

(změna vzdálenosti kotev vůči zhlaví s vyloučením poklesu terénu)



Obr. č. 3.8. - Doporučený způsob prezentace výsledků extenzometru – relativní posuvy

C. Měření inklinometry

Inklinometrická měření slouží pro sledování horizontálních pohybů masivu. Lze je využít pro měření vodorovných deformací horninového prostředí před čelbou nebo v blízkosti stěn výrubu, po stranách tunelu, pro sledování stability horninového pilíře mezi tunelovými troubami a pro sledování ovlivnění základů budov ve velkých hloubkách v bezprostřední blízkosti tunelu.

Měření je založeno na měření náklonu vodící sondy ve vrtu vypaženém inklinometrickými pažnicemi s vodícími drážkami. (Kap. 2.2.1.2.2.)

Opakované měření umožňuje s velkou přesností a spolehlivostí určovat rychlosti probíhajících pohybů a to v závislosti na časových intervalech mezi jednotlivými měřeními.

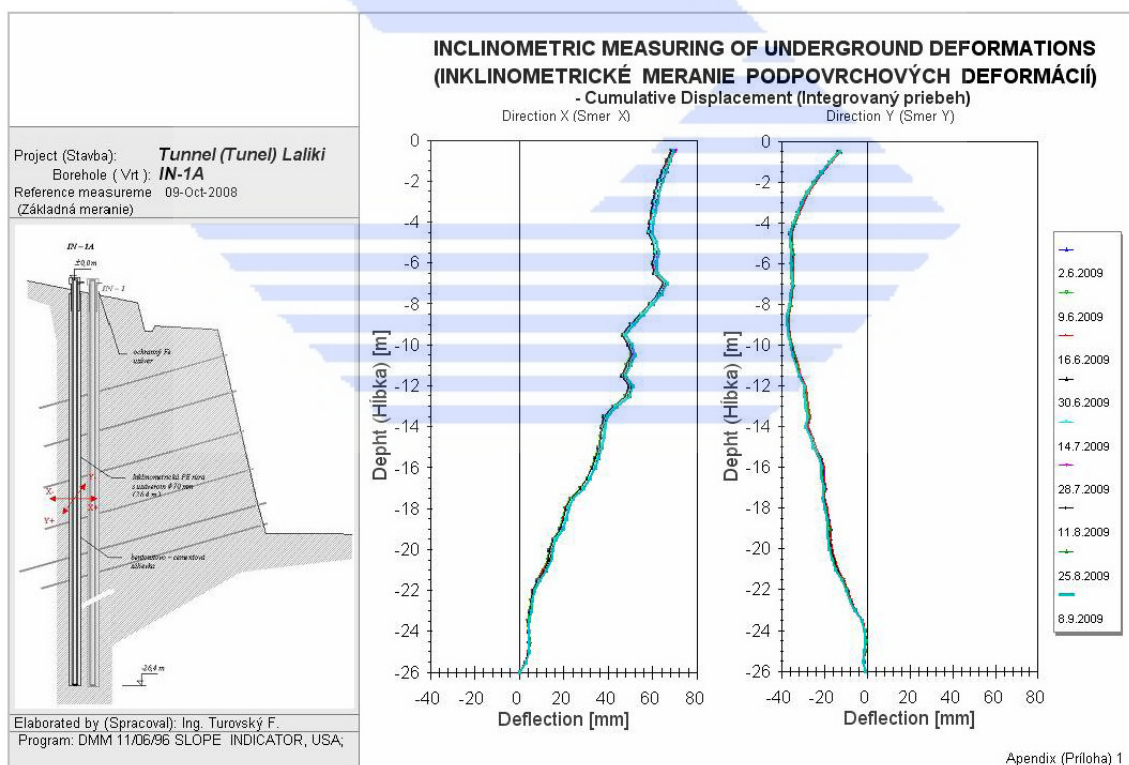
Dno inklinometrického vrtu musí být umístěno do takového místa v horninovém masivu, které je mimo dosah změn pole napětí a deformace způsobeného ražbou tunelu, tzn. pod počvu tunelu, minimálně o cca 1/2 průměru tunelu.

Inklinometrický vrt se zpravidla provádí jako jádrový, s podrobným vypracováním geotechnického profilu vrtu a přiměřeným odběrem neporušených vzorků hornin.

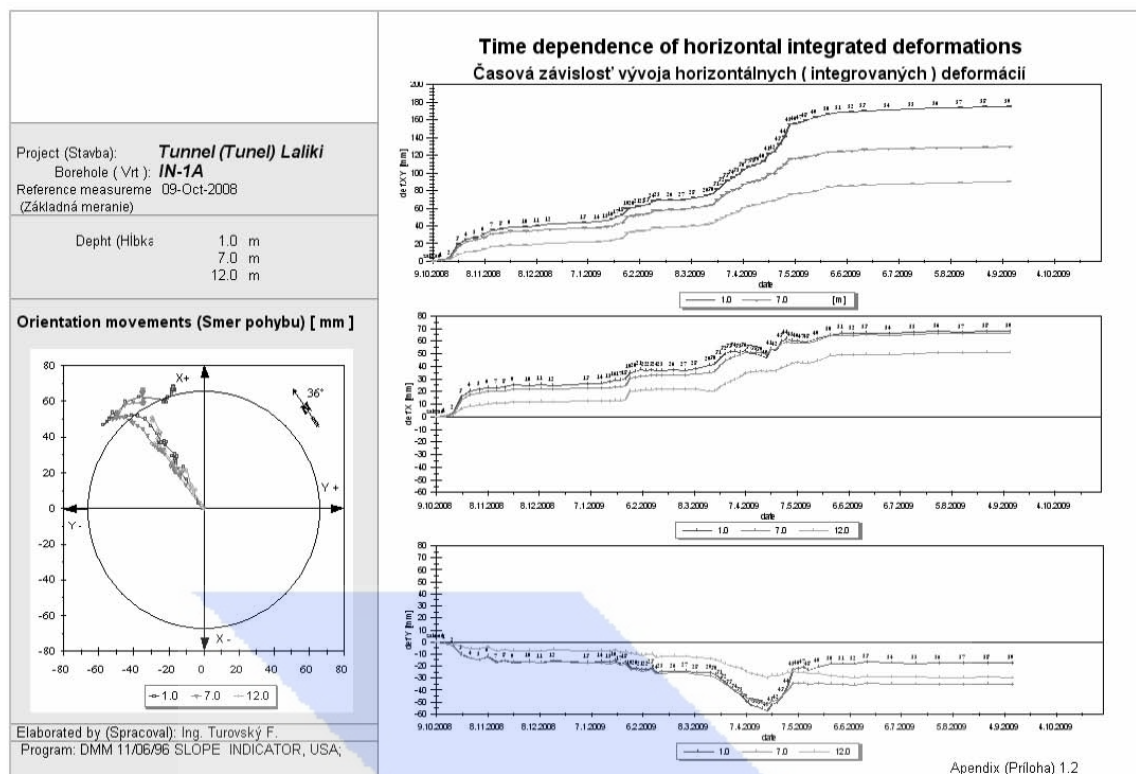
Požadavky na stabilizující injektáž a zhlaví inklinometrického vrtu musí být podrobně uvedeny v realizační dokumentaci monitoringu.

Alternativou k inklinometrickým a extenzometrickým měřením je měření klouzavými deformetry, které kombinuje extenzometr a inklinometr do jednoho měřicího zařízení v jednom vrtu. Viz kapitola 2.2.1.2.3.

Doporučený způsob prezentace výsledků inklinometrických měření je uveden na obrázku č. 3.9. a 3.10.



Obr. č. 3.9. Doporučený způsob prezentace výsledků inklinometru



Obr. č. 3.10. - Doporučený spôsob prezentácie výsledku inklinometru

D. Měření napjatosti

Měření napjatosti se v odůvodněných případech provádí ve sdružených monitorovacích profilech. Cíl měření napjatosti, umístění měřidel a stanovení technicko kvalitativních podmínek pro volbu typů měřicích buněk, stanovuje projektant zhotovující statický výpočet ostění. Ten rovněž určuje varovné stavy a kritéria varovných stavů pro hodnocení výsledků měření napjatosti Viz kap. 2.2.2.

Volbu konkrétního typu měřidla provádí zhotovitel monitoringu na základě technicko kvalitativních podmínek uvedených v zadávací dokumentaci monitoringu, resp. na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek při výstavbě.

Měření napjatosti se provádí na kontaktu hornina - primární ostění a v sekundárním ostění vhodným typem tlakových podušek a/nebo strunových tenzometrů. Měřidla jsou rozmístěna po obvodu ostění v počtu zpravidla 3 až 5.

Výsledky měření slouží především pro ověření vývoje průběhu vnitřních sil v primárním, případně v sekundárním ostění a k ověření tlaku horniny na ostění tunelu.

E. Vodorovné deformace horninového masívu před čelbou a vyboulení čelby

Měření vyboulení čelby (extruze) a rozdělení vodorovných deformací v horninovém masívu před čelbou (vodorovné víceúrovňové extenzometry) je nestandardní měření.

Používá se v odůvodněných případech, kdy se na jeho základě dimenzuje počet vodorovných kotev do čelby, které se navrhuje jako účinné opatření pro snížení svislých sedání povrchu terénu u mělkých tunelů ražených pod městskou zástavbou.

Pro tento účel se obvykle používají vodorovné extenzometry z optických kabelů.

V omezeném rozsahu lze toto měření nahradit svislým inklinometrem situovaným před čelbu a měřením povrchového vyboulení čelby dálkoměrem.

3.8.2. Monitoring portálu tunelu a jeho okolí

Stabilita stěn tunelových portálů a svahů portálových jam je zajišťována stavebními konstrukcemi, a to dočasnými a trvalými. Portál je vstupní brána do tunelu v portálové stěně, připortálový úsek raženého tunelu je úsek raženého tunelu u portálu, portálová jáma je jáma, ze které se razí tunel nebo ve které se buduje hloubený tunel.

Bezpečnost a stabilita portálů podmiňují bezpečné zahájení i pokračování ražeb. Poruchy stability opěrné konstrukce na portále mohou ohrozit připortálový úsek raženého tunelu.

Účelem monitoringu portálových stěn je kontrola dostatečné stability portálů a vývoje jejich deformačního chování.

Vývoj deformačního chování portálových stěn se monitoruje měřením především v průběhu jejich výstavby (hloubení a zajišťování) a při zahájení ražby z portálu. V přiměřeném rozsahu a podle specifických podmínek daného portálu, pak i během další ražby tunelu.

Monitoringem portálů se rozumí i monitoring přilehlých svahů portálových jam (zářezu) a pažicích konstrukcí.

Monitoring portálu by měl podle složitosti geotechnických podmínek a charakteru konstrukce obsahovat:

1. sledování deformačního chování vlastní stavební konstrukce zajišťující portál (např. trigonometrické sledování měřických bodů optickými totálními stanicemi),
2. sledování deformačního chování stavebních konstrukcí zajišťujících portálovou (stavební) jámu, tj. opěrných a zárubních zdí,
3. sledování deformačního chování horninového masívu za konstrukcí zajišťující portál (např. inklinometry, klouzavé deformetry apod.),
4. sledování změn napětí v kotvách, pokud jsou tyto konstrukční prvky na portále použity (např. dynamometry),
5. sledování zatížení a teploty na rozpěrách, pokud jsou tyto konstrukční prvky na portále použity (např. tenzometrická čidla),
6. sledování změn hladiny podzemní vody za konstrukcí zajišťující portál (pozorovací hydrogeologické vrtý),
7. sledování přítoků vody (množství, kvalita, chemizmus),
8. seismické měření účinků trhacích prací, pokud se provádí trhací práce,
9. v případě pochyb o stabilitě k portálu přilehlých svahů je nutné sledovat vytváření a vývoj potenciálních smykových ploch či stabilitu autonomních horninových bloků,
10. vizuální sledování připortálových oblastí (vznik zátrhů, trhliny v betonových konstrukcích atd.).

Sledování deformačního chování pažicí konstrukce zajišťující portál se provádí nejčastěji na převázkách u kotvených stěn nebo na hlavách svorníků, hřebíků či kotev.

Měřické body jsou pravidelně rozmístěny v jednotlivých příčných řezech a hloubkových úrovních podle technologického postupu odtěžování. Rozmístění měřících prvků, délky vrtů, četnost a počty měření stanovuje realizační dokumentace monitoringu ve vazbě na realizační dokumentaci stavby a na zastižené geologické poměry.

Hodnoty varovných stavů jsou stanoveny v realizační dokumentaci stavby a v realizační dokumentaci monitoringu.

Cílem monitoringu tunelových portálů je poskytnout účastníkům výstavby kontrolu skutečného chování portálu a umožnit srovnání s chováním předpokládaným v realizační dokumentaci stavby, tzn. získat především tyto informace:

- průběh deformačního chování vlastní konstrukce zajišťující portál a horninového masívu za touto konstrukcí v prostoru a v čase,
- průběh deformačního chování vlastní konstrukce zajišťující portálovou (stavební) jámu a horninového masívu za touto konstrukcí v prostoru a v čase,
- průběh změn napětí na vybraných kotvách v čase,
- průběh změn napětí na vybraných rozpěrách v čase,
- průběh změn v režimu podzemní vody v okolí portálu v čase a v závislosti na klimatických podmínkách,
- polohu případných potenciálních smykových ploch,
- vývoj deformací a napjatosti horninového masívu přilehající k portálu v dosahu změn způsobených stavbou.

3.8.3. Monitoring vlivu ražby na sousední podzemní objekty

Sousedními podzemními objekty se rozumí:

- A. části budované tunelové stavby (rozrážky, tunelové propojky, sousední tunelová trouba atd.)
- B. jiné stávající podzemní objekty ovlivněné ražbami dané tunelové stavby.

Bezpečnost a stabilita sousedních podzemních objektů může být negativně ovlivněna ražbou probíhající v jejich okolí. Negativním ovlivněním se zde rozumí takové změny v napětíodeformačním stavu horninového masívu a z toho vyplývající deformace takového rozsahu, že mohou způsobit nepřijatelné porušení sousedního podzemního objektu.

Míra tohoto ovlivnění závisí od konkrétních podmínek dané stavby (technické řešení stavby, citlivost objektu na deformace, lokální geologické poměry a technologie výstavby, především ražeb).

Konkrétní cíle monitoringu sousedních podzemních staveb se určují s přihlédnutím k výše uvedeným faktorům.

Monitoring sousedních podzemních objektů musí obsahovat:

1. sledování vývoje deformačního chování vlastní konstrukce sousedního podzemního objektu během ražeb tunelu, zejména jeho staticky rozhodujících prvků (např. trigonometrické sledování stabilizovaných měřicích bodů optickými totálními stanicemi, příložné deformetry),
2. sledování vývoje deformačního chování horninového masívu v okolí konstrukce sousedního podzemního objektu během ražeb tunelu (např. inklinometry, klouzavé deformetry a extenzometry),
3. sledování změn napjatosti v okolních stavebních konstrukcích (kotvy, rozpěry, táhla, sloupy atp.),
4. sledování změny vodního režimu (přítoky vody, hladina podzemní vody),
5. seismické měření účinků trhacích prací při ražbách,
6. kontrolní fyzické prohlídky sousedních podzemních objektů.

Kontrolní fyzické prohlídky sousedních podzemních objektů jsou prováděny na základě pasportizace výchozího skutečného stavu stávajícího podzemního objektu, dotčeného ražbou tunelu.

Pasportizace stávajících podzemních objektů, které mohou být dotčeny ražbou nového tunelu, se provádí dostatečně včas před přiblížením ražeb k objektu na vzdálenost, kdy ještě nedochází k deformačnímu ovlivnění objektu ražbami.

Rozmístění měřických prvků, délky vrtů, četnost a počty měření stanovuje realizační dokumentace monitoringu ve vazbě na realizační dokumentaci stavby. Hodnoty varovných stavů jsou uvedeny v realizační dokumentaci stavby a v realizační dokumentaci monitoringu.

Způsob monitoringu musí proto vycházet z technologie ražeb, zejména s přihlédnutím k časové návaznosti jejich jednotlivých kroků.

3.8.4. Monitoring vlivu geotechnických anomálií

Geotechnickou anomálií při ražbě tunelu se rozumí neočekávaná náhlá změna strukturních, pevnostních a přetvárných vlastností prostorově vymezené části horninového masívu, v jejímž důsledku dojde k náhlým významným a nežádoucím napětíodeformačním projevům horninového masívu a způsobu zajištění stability podzemního díla (např. zastižení prostorově významné tektonické poruchy s výrazně jinými pevnostními a přetvárnými vlastnostmi než okolní horninový masív, změna sklonu, orientace a výplně puklin atd.).

Náhlými a nežádoucími napětíodeformačními projevy se rozumí takové projevy, které se v realizační dokumentaci ražeb a/nebo v realizační dokumentaci monitoringu nepředpokládaly a které mohou ohrozit bezpečnost a stabilitu podzemního díla i objektů na povrchu terénu nebo způsobit jejich nepřijatelné deformace.

Geotechnická anomálie může být přímo zastižena, tzn., že tato prostorově vymezená část horninového masívu se vyskytne v ploše výrubu. Nebo ražba probíhá v takové blízkosti geologické anomálie, že dojde k náhlým a nežádoucím napětíodeformačním projevům stěn výrubu či ostění bez zjevných příčin.

V případě, že je taková geotechnická anomálie při ražbě neočekávaně zastižena, je nezbytné této skutečnosti pružně přizpůsobit provádění monitoringu (typy měření, místa měření, četnost měření, kritéria varovných stavů). Takové rozhodnutí o úpravě realizační dokumentace monitoringu se provádí operativně na jednání KDM.

Monitoring vlivu geotechnických anomálií musí být prováděn ve vazbě na jejich dokumentaci, vykonávanou v návaznosti na vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb. o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění pozdějších předpisů (dále jen vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

Geotechnická dokumentace v místech skutečné nebo předpokládané geotechnické anomálie musí obsahovat, kromě údajů uvedených ve vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, také prognózu předpokládaných geologických poměrů a to minimálně na délku, rovnající se šířce výrubu.

Ověřování výskytu geotechnické anomálie v předstihu před vlastní ražbou musí být zhotovitel stavby technicky a organizačně schopen dle potřeby, např. kontrolními jádrovými předvrtvy prováděnými z čelby. Počet a délku předvrtů stanovuje realizační dokumentace stavby v souladu s realizační dokumentací monitoringu.

Pokud při ražbě dojde k zastižení geotechnické anomálie, nebo se geotechnická anomálie vyskytne v takové blízkosti tunelu, že ovlivní výrub a/nebo ostění, postupuje se dle zásad uvedených v kapitole 3.8.1 (monitoring reakce horninového masívu a ostění tunelu během ražeb).

3.8.5. Monitoring průběhu poklesové kotliny, objektů na povrchu terénu a povrchové zeleně

Porušení napětíodeformační rovnováhy horninového masívu vyražením výrubu tunelu se obvykle propaguje na povrch terénu, kde se vytváří poklesová kotlina. V důsledku vzniku poklesové kotliny může být ohrožena stabilita a bezpečnost objektů, které jsou v dosahu poklesové kotliny na povrchu terénu. Proto musí být průběh poklesové kotliny i deformační vývoj objektů na povrchu terénu monitorován.

Kromě nadzemních stavebních objektů je třeba věnovat pozornost inženýrským sítím, zejména vodovodům, kanalizacím, plynovodům a vedení vysokých napětí, které protínají potenciální poklesovou kotlinu.

Zvýšenou pozornost je třeba věnovat i komunikacím, zejména železnici, tramvajovým tratím nebo umělým či přirozeným vodotečím.

U mělce ražených tunelů je za určitých okolností třeba věnovat pozornost i monitoringu povrchové zeleně.

Podklady pro kritéria varovných stavů, zejména kritické a varovné hodnoty stanovuje u budov statik, u pozemních komunikací, železnice, tramvajové dráhy, vodoteče a inženýrských sítí jejich správce.

Kritéria varovných stavů jsou následně zapracována do RDS tunelu a realizační dokumentace monitoringu.

A. Monitoring průběhu poklesové kotliny musí obsahovat:

1. sledování sedání povrchu terénu (např. přesná nebo velmi přesná nivelace),
2. sledování sedání na objektech nadzemní zástavby v zóně ovlivnění ražbou podzemního díla (např. přesná nebo velmi přesná nivelace),
3. sledování sklonu poklesové kotliny a změny sklonu v závislosti na čase a poloze čelby vzhledem k měřickému profilu,
4. měření vodorovných deformací povrchu území, zejména v oblasti předpokládaného inflexního bodu poklesové kotliny,
5. sledování deformačního chování horninového masívu v prostoru mezi povrchem terénu a tunelovou troubou (např. inklinometry, klouzavé deformetry a extenzometry) v čase. Jde o měření doplňkové, umožňující sledovat propagaci porušení napětí-deformační rovnováhy horninového masívu výrubem od tunelové trouby na terénu.

Sledování sedání povrchu terénu a sklonu poklesové kotliny je základním měřením průběhu poklesové kotliny. Provádí se v měřických profilech ve směru podélném a příčném vůči podélné ose tunelové trouby.

Podélný měřický profil je profil osazený nad podélnou osou tunelové trouby nebo rovnoběžně s ní. Příčný měřický profil je profil osazený ve směru kolmém na podélnou osu tunelové trouby v charakteristických bodech trasy tunelové trouby. Charakteristickými body trasy se rozumí např. nízké nadloží, ulice, hustá nadzemní zástavba atd.

Příčné měřické profily na povrchu terénu jsou součástí tzv. sdružených měřických profilů.

Délka příčného měřického profilu musí přiměřeně přesahovat šířku předpokládané poklesové kotliny.

Realizační dokumentace monitoringu musí obsahovat situaci těchto měřických bodů a technické podmínky pro jejich osazení tak, aby nedošlo k ovlivnění jejich pohybů parazitními vlivy (objemové změny způsobené teplem, mrazem, deformacemi způsobenými stavební povrchovou činností v blízkosti bodu atp.).

V případě nebezpečí úniku plynu z deformací poklesovou kotlinou porušených plynovodů je nutno doplnit plán monitoringu o detektory plynů (zejména v přilehlých sklepních prostorech).

B. Monitoring objektů na povrchu terénu musí obsahovat:

1. sledování chování charakteristických bodů objektu, vystihující jeho přetváření jako celku (např. přesná nebo velmi přesná nivelace, trigonometrické měření, automatické dilatometry, příložné deformometry, tenzometry, náklonoměry) v měřických profilech ve směru podélném a příčném vůči podélné ose tunelové trouby v čase
2. fyzické prohlídky objektů.

Charakteristickými body objektu se rozumí měřické body na staticky nosných konstrukcích a dalších staticky významných prvcích objektu.

Fyzické prohlídky objektů jsou prováděny na základě pasportizace a statického posouzení výchozího skutečného stavu objektu, provedené v dostatečném předstihu před ražbami, případně i na základě statického zajištění těchto objektů.

Pasportizací se rozumí nejen zaevidování a klasifikace trhlin ve zdech příslušného objektu, ale i posouzení jejich příčin a celkové posouzení statického stavu celého sledovaného objektu s ohledem na jeho konstrukci a stáří.

Pasportizace a statické posouzení výchozího skutečného stavu objektu je podkladem pro rozhodnutí o cílech měření na objektu, typech měřidel a jejich umístění i pro případné soudní spory.

Měřidla se umísťují na staticky významné prvky příslušného objektu s dostatečným předstihem před ražbami. To znamená ještě před tím, než k sledovaným objektům dorazí okraj poklesové kotliny.

Konkrétní rozmístění měřicích prvků, četnost a počty měření stanovuje realizační dokumentace monitoringu ve vazbě na realizační dokumentaci stavby a případnou realizační dokumentaci statického zajištění objektů na povrchu terénu.

Při rozhodování o umístění měřidel spolupracuje statik (budovy) nebo příslušný správce sítě či komunikací.

Hodnoty kritérií varovných stavů stanovuje statik (správce sítě) a jsou zapracovány do realizační dokumentace stavby a případně realizační dokumentace statického zajištění objektů na povrchu terénu.

Cílem monitoringu průběhu poklesové kotliny a objektů na povrchu terénu je poskytnout účastníkům výstavby průběžnou kontrolu skutečného průběhu poklesové kotliny a deformačního chování objektů na povrchu terénu a umožnit srovnání s chováním předpokládaným v realizační dokumentaci ražeb, tzn. poskytnout tyto informace:

- průběh sedání povrchu terénu v prostoru a čase,
- průběh sedání, náklonů a vodorovných posuvů charakteristických bodů na objektech na povrchu terénu v prostoru a čase,
- hodnoty maximálních sklonů terénu v inflexních bodech poklesové kotliny,
- průběh změn napětí na vybraných nadzemních konstrukcích v čase,
- průběh změn v režimu podzemní vody v okolí stavby v čase,
- kontrola skutečného fyzického stavu objektu na povrchu v čase,
- případný vliv změn vodního režimu způsobeného ražbou na vegetaci.

Významným cílem monitoringu vývoje poklesové kotliny a objektů v jejím dosahu je přizpůsobení technologie ražeb v tunelu tak, aby nebyla překročena povolená kritéria pro nerovnoměrná sedání objektů a ostatní projektem předepsaná deformační kritéria poklesové kotliny a dotčených objektů.

C. Sledování povrchové zeleně

V případě velmi mělkých tunelů v extravilánu, s možností významného ovlivnění hladiny podzemní vody, je v případech hodných tohoto zřetele, vhodné kontrolovat i důsledky tohoto jevu na povrchovou zeleň.

Před ražbami je nutno odbornou firmou nechat zhotovit zhodnocení stavu zeleně, vliv případného snížení hladiny podzemní vody na její stav, zpracovat návrh na sledování zeleně v průběhu ražeb a poté, podle tohoto návrhu, stav zeleně kontrolovat

To se zpravidla děje prohlídkami zeleně v dosahu změn depresní křivky hladiny podzemní vody způsobené jejím poklesem v důsledku ražby. Sledování zeleně je proto provázáno sledováním vývoje depresní křivky hladiny podzemní vody.

3.8.6. Monitoring při přerušení ražeb a při technologických přestávkách

Přerušením ražeb se rozumí přerušení ražeb na dobu delší než je obvyklá délka technologické přestávky v rámci pracovního cyklu na čelbě (např. přestávka v ražbě na dobu nezbytně nutnou k dosažení minimální pevnosti betonu ostění, umožňující provedení výrubu, nebo přestávka vyvolaná nutností přesunu osádky a strojní sestavy na jinou dílčí čelbu tunelu apod.). Konkrétní hodnotu uvádí

RDS stavby tunelu a realizační dokumentace monitoringu. Přihlíží se při tom k charakteru geologických poměrů v daném místě.

Každé plánované i neplánované přerušení ražeb zpravidla vede k dalšímu rozvoji deformací sledovaných systémů, které může překročit projektem předpokládané hodnoty. Proto musí být důsledně monitorovány deformační projevy horninového masívu, ostění tunelu, průběh poklesové kotliny a objekty na povrchu terénu i během technologických přestávek v ražbách.

Neplánované přerušení ražeb může být v odůvodněných případech důvodem k doplnění programu monitoringu v dotčených místech. Doplnění monitoringu v případě přerušení ražeb se operativně projednává na denních jednáních kompetentních zástupců objednatele a zhotovitele stavby a monitoringu. Při plánovaném přerušení ražeb se toto projedná na KDM. Konkrétní návrh na doplnění monitoringu předkládá projektant realizační dokumentace stavby ve spolupráci s projektantem DSP (autorským dozorem) a se zhotovitelem monitoringu.

Při zpracovávání návrhu doplnění monitoringu se přihlíží k předpokládané době přerušení a k příčinám přerušení ražeb. Posuzuje se, zda nastaly okolnosti, které by měly vést k přehodnocení geomechanického modelu systému ostění - hornina.

Dále se znovu přehodnocují kritéria varovných stavů v dotčeném místě.

Monitoring při přerušení ražeb musí splňovat požadavky uvedené v kapitolách 3.8.1 - 3.8.5. Rozmístění měřických prvků, četnost a počty měření stanovuje realizační dokumentace monitoringu ve vazbě na realizační dokumentaci ražeb a případná realizační dokumentace statického zajištění objektů na povrchu terénu. Hodnoty kritérií varovných stavů jsou určeny RDS stavby a případně realizační dokumentací statického zajištění objektů na povrchu terénu.

3.8.7. Monitoring hloubených tunelů

Při monitoringu hloubených tunelů se monitoruje stabilita a deformační chování svahů jámy, ve které se hloubený tunel buduje, deformační chování vlastní betonové konstrukce hloubeného tunelu během jeho zasypávání a sedání zásypu v průběhu zasypávání až do okamžiku ukončení jeho sedání.

Stabilita a deformační chování svahů základové jámy hloubeného tunelu.

Při zpracování dokumentace monitoringu svahů základové jámy hloubeného tunelu se berou v úvahu všechny vlivy, které v daném případě stabilitu svahu ovlivňují. Jsou to: tvar svahu, mechanické a strukturní vlastnosti přítomných zemin a hornin, poloha hladiny podzemní vody, vodní režim. Pozornost se věnuje pórovým a proudovým tlakům vody v horninovém masivu případně i původní napjatosti. Podstatná přitom je úvaha o časovém souběhu všech těchto parametrů v průběhu výkopových prací a budování konstrukce hloubeného tunelu.

Před návrhem cílů monitoringu je třeba především stanovit, jaký druh deformačních procesů svahů jámy může nastat. (Sesuv po válcových plochách, předurčených složených plochách, po plochách nespojitostí či jejich kombinacích, volné pády rozvolněných bloků horniny atp.)

Dalším krokem je rozbor fyzikálních příčin spouštěcího mechanismu. Například změny vlastností zemin po deštích, změny polohy hladiny podzemní vody, dlouhodobý růst pórových tlaků, změny napjatosti v důsledku změny tvaru svahu, změny pevnosti, například zplastištění podložky výsypky. K těmto příčinám může patřit i zvětrání horninového materiálu

Je nutno ověřit, do jaké míry je možné případné oživení fosilních sesuvů, případně odhadnout, jaký bude časový průběh všech dynamických projevů v chování dotčeného svahu. (Směry pohybů, jejich rychlosti, zrychlení, dosahu zasažení atp.). Na tyto aspekty se pak projekt monitoringu zaměřuje

Měření deformačního chování a stability svahů základové jámy hloubeného tunelu zpravidla obsahuje:

- Posuvy vybraných bodů na povrchu svahu základové jámy hloubeného tunelu
- Posuvy vybraných bodů na pažicích konstrukcí
- Posuvy uvnitř horninového masívu (inklinometry, extenzometry)
- Kotevní síly
- Změny hladiny podzemní vody proudové a pórové tlaky vody

- Vizualní prohlídky svahu (vznik tahových trhlin, výronů vody, stabilita jednotlivých bloků hornin ohrožujících bezpečnost práce.

Betonová konstrukce hloubeného tunelu.

Měří se jednak deformační chování betonového ostění tunelu během jeho zasypávání a případně zemní tlaky na betonové ostění nebo napětí uvnitř betonového ostění. Použité měřické metody jsou:

- Standardní konvergenční měření posuvů vnitřního povrchu tunelového ostění v průběhu zasypávání (zevnitř tunelu)
- Vznik, případně rozevírání a rozvoj trhlin na vnitřním povrchu betonového ostění tunelu vhodným typem deformetru v průběhu zasypávání tunelu
- Zemní tlaky na vnější povrch betonové konstrukce tlakovými poduškami.

Zásyp hloubeného tunelu.

V průběhu zasypávání, ale zejména po dokončení zásypů se měří:

- Návrat vodního režimu v zásypovém materiálu a v okolním dotčeném horninovém masivu do původního stavu, před vyhloubením základové jámy.
- Sedání zásypu hloubeného tunelu po dokončení zásypu, průběh a vývoj poklesové kotliny.
- Stanovuje se okamžik dokončení sedání zásypu vzhledem na budování případných stavebních objektů na povrchu zásypu. Například vozovek, inženýrských sítí atp.

Při návrhu metod měření, rozsahu měření, četnosti měření a požadavků na přesnost bere zpracovatel DSP hloubeného tunelu ohled na specifika dané konstrukce, zejména bezpečnost práce v otevřené jámě v průběhu budování betonové konstrukce hloubeného tunelu.

3.8.8. Monitoring při zmáhání mimořádných událostí

Mimořádnou událostí se dle zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě (dále jen zák. č. 61/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů) a dle vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů rozumí závažná událost a nebezpečný stav, provozní nehoda (havárie) a závažný pracovní úraz.

Provozní nehodou (havárií) se rozumí událost, kterou jsou ohroženy životy nebo zdraví osob.

Mimořádnou událostí se dále rozumí závaly podzemních děl, jejichž zmáhání se předpokládá po dobu delší než 24 hodin nebo jejichž účinky ohrozily nebo by mohly ohrozit objekty na povrchu terénu. Dále průvaly vod a zvodnělých materiálů, a to i povrchových, únik a průsak nebezpečných látek do podzemních děl, skluzy zemin a sesuvy skalních stěn, při nichž došlo k ohrožení života a zdraví lidí, k ohrožení bezpečnosti provozu včetně provozovaných zařízení, k ohrožení veřejných a jiných právem chráněných zájmů.

Zmáhání mimořádné události se děje podle k tomu zvlášť zpracované projektové dokumentace tunelu. Vždy se jedná o činnost s podstatně vyšším rizikem než při ražbě v ostatních úsecích tunelu.

Z toho důvodu pro tuto situaci musí být odpovídajícím způsobem doplněna realizační dokumentace monitoringu. To se provádí zpravidla po doplňkovém geotechnickém průzkumu místa mimořádné události. Předmětem doplnění monitoringu může být vyšší četnost měření, doplnění o další měřicí místa i měřicí metody atp.

Zvláštní pozornost se věnuje bezpečnostním cílům takového monitoringu, přehodnocení definic varovných stavů i kritérií pro jejich přijímání. Viz též kap. 4.3.8 Havarijní stav.

Monitoring při zmáhání mimořádné události musí splňovat požadavky uvedené v kapitolách 3.8.1 - 3.8.6, je prováděn ve vazbě na postupy stanovené havarijním plánem zhotovitele ražeb pod řízením vedoucího likvidace havárie dle vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

3.9. Geotechnické hodnocení horninového masivu v rámci monitoringu tunelu

3.9.1. Definice geologických a geotechnických prací při monitoringu ražby tunelu.

Geologické práce a geologická dokumentace

Geologické práce jsou práce prováděné dle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů. Za jejich provádění musí být odpovědná osoba oprávněná projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru inženýrská geologie podle požadavků vyplývajících ze zák.č.62/1988 Sb., ve znění pozdějších a navazujících předpisů.

Geologické práce dle zákona č. 62/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů se při monitoringu tunelu provádí, pokud projekt stavby nebo situace vzniklá v průběhu stavby požaduje zvlášť potvrdit nebo zjistit některé geologické, hydrogeologické nebo geotechnické skutečnosti a pro tyto účely mají být provedeny zvláštní průzkumné práce nad rámec schváleného realizačního projektu monitoringu (dodatečné průzkumné vrtvy, sondy, geofyzikální měření apod.). V tomto případě se jedná o doplňkový inženýrskogeologický (geotechnický) průzkum (vyhl. č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, §3, odst. 4), písm. c).

V případě doplňkového geologického průzkumu se projektování, provádění a vyhodnocování těchto geologických prací provádí v plném rozsahu dle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů a pro pořizovanou dokumentaci se používá pojem „Geologická dokumentace“.

Celkový postup při projektování a provádění doplňkového geologického průzkumu a náležitosti projektové dokumentace geologických prací v tomto případě uvádí §5 vyhl.369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů a TP 76-C Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů pozemních komunikací. Obsah a náležitosti geologické dokumentace uvádí §3 vyhl. č. 368/2004Sb., ve znění pozdějších předpisů, obsah závěrečné zprávy takového doplňkového geologického průzkumu pak příloha č.3 k vyhl. č. 369/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Součástí geologických prací je ve smyslu těchto TP rovněž posuzování odlišností mezi geologickými poměry předpokládanými na základě provedeného podrobného inženýrskogeologického (geotechnického) průzkumu a skutečně zastíženými geologickými a geotechnickými poměry v místě ražby tunelu. Viz též kap. 3.9.5.

Geotechnické práce a geotechnická dokumentace

Geotechnickými pracemi při ražbě tunelu se rozumí především geotechnická dokumentace čeleb (nevystrojeného výrubu) v průběhu ražeb a geotechnické dokumentace všech vrtných děl budovaných pro zřízení monitorovacích stanovišť, terénní a laboratorní zkoušky prováděné podle realizační dokumentace monitoringu a vlastní monitoring, včetně hodnocení jeho výsledků.

Při geotechnickém hodnocení horninového masivu na základě dokumentace výrubů tunelu a vrtů určených prioritně pro monitoring se využívá §11, písm.c) vyhl. č. 368/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, který ustanovuje, že se „*při činnosti prováděné hornickým způsobem, spočívající např. v ražení štol a tunelů, nepořizuje geologická dokumentace v plném rozsahu dle zákona č. 62/1988 Sb. vyhlášky č. 62/ 1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pokud projektová dokumentace stavby nestanoví jinak*“.

Rozsah požadavků na geotechnickou dokumentaci čeleb v průběhu ražeb, způsob jejich hodnocení a geotechnickou dokumentaci vrtů pro monitoring či technologických vrtů, upravuje realizační dokumentace monitoringu tak, aby geotechnická dokumentace splnila zadání vyplývající z cílů a metodiky monitoringu dané stavby tunelu.

Za celkové zpracování a hodnocení geotechnické dokumentace v rámci monitoringu tunelu a za konečné zhodnocení odlišností mezi skutečně zastíženými a předpokládanými geologickými a geotechnickými poměry odpovídá hlavní (odpovědný) geolog tunelu s příslušnými oprávněními podle zákona č. 62/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů ,o geologických pracích. Viz kap. 4.1.2.

Pokud je dokumentující geolog na stavbě pouze jeden, pak musí mít zároveň funkci hlavního (odpovědného) geologa.

Geologická dokumentace podle vyhlášky ČBÚ. č. 55, 1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
Požadavky na geologickou dokumentaci při činnosti prováděné hornickým způsobem rovněž upravuje vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, v § 17 a dalších viz odst. 3.9.6.. Za zpracování této dokumentace odpovídá zhotovitel tunelu. Viz kap. 3.9.6..

3.9.2. Cíl geotechnického sledování horninového masivu v průběhu ražeb tunelu

Základním cílem geotechnického sledování horninového masivu v průběhu monitoringu ražeb tunelu je:

- získání podkladů pro rozhodnutí o zařazení horninového masivu do horninových typů a do technologických tříd výrubu a její případné modifikace na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek,
- získání dostatečných informací pro posouzení skutečných geologických poměrů v trase tunelu a pro průběžné posuzování rozdílů mezi původně předpokládanými geologickými poměry, (definovanými v podrobném geotechnickém průzkumu) a geologickými poměry zastiženými při ražbě. Viz odst. 3.9.5. Odlišné podmínky staveniště,
- získání podkladů pro případnou korekci geotechnických parametrů a geotechnického modelu použitého pro projekt tunelu,
- získání podkladů pro interpretaci výsledků přímého měření vývoje sledovaných veličin monitoringem,
- vypracování dokumentace o skutečných geologických a geotechnických poměrech v trase tunelu a jejich zpracování do závěrečné zprávy o monitoringu a využití jako podkladu do dokumentace skutečného provedení stavby. Ve smyslu TP 154, kap 2.5.3.2 se dokumentace o skutečných geologických a geotechnických poměrech spolu se závěrečnou zprávou o monitoringu zařazují do dokumentace skutečného provedení stavby.

Geotechnické sledování horninového masivu je vždy nedílnou součástí monitoringu. Je jedním z nevyhnutelných podkladů pro průběžné a komplexní hodnocení výsledků jednotlivých měření monitoringu.

Výsledky geotechnického sledování horninového masivu slouží pro průběžné provádění:

- kvantifikace odlišných geotechnických podmínek na staveništi, příprava podkladů pro oceňování víceprací, které byly způsobeny odlišnostmi v geotechnických poměrech a porovnávání závěrů předchozích etap geotechnických průzkumů s poznatky získanými při vlastní stavbě,
- zařizování zastiženého horninového masivu do horninového typu a případné přehodnocování technologických tříd výrubu,
- přípravy doporučení k úpravám technologie provádění a realizační dokumentace stavby, například konstrukce primárního a sekundárního ostění tunelů, technické stabilizace svahů zářezů, portálů, injektáže atp.
- posuzování vlivu výstavby na okolní zástavbu a geofaktorů, které tento vliv podmiňují,
- vykreslování zastižených geologických poměrů, jako podklad pro dokumentaci skutečného provedení stavby (podélný geologický a geotechnický profil a příčné geologické a geotechnické řezy),
- formulace podnětů pro případný doplňkový geotechnický průzkum v průběhu ražeb.

Součástí geotechnického sledování horninového masivu je v případě potřeby i odběr neporušených vzorků (kategorie odběru A ve smyslu ČSN EN ISO 22 475-1) a porušených vzorků hornin a zemin (kategorie odběru B ve smyslu ČSN EN ISO 22 475-1) a laboratorní zkoušky pro ověření jejich fyzikálně mechanických vlastností.

V případě potřeby se odebírají vzorky podzemní vody pro ověření chemismu, zejména z hlediska agresivity na stavební konstrukce.

OVĚŘOVÁNÍ skutečně zastižených geologických a geotechnických poměrů na čelbách tunelu se provádí na každé čelbě včetně čelb dílčích a to v každém záběru, minimálně však jednou za 24 hodin, pokud probíhá ražba.

Pokud jsou rozdíly významné z hlediska prognózy dalšího deformačního vývoje, vhodnosti úpravy technologie ražby či dokumentace stavby, je nutné, aby kancelář monitoringu o této skutečnosti bez odkladu informovala dotčené účastníky výstavby.

Způsob informování, musí být určen v realizační dokumentaci monitoringu. (Kdo, kdy, koho, jak rychle, jakou cestou). Viz. též kap. 4.4.

3.9.3. Obsah geotechnické dokumentace čelb a nezajištěné části výrubu

Dokumentace čelb a nezajištěné části výrubu musí obsahovat minimálně tyto informace:

- datum, čas provedení dokumentace,
- staničení čelby s uvedením způsobu jeho stanovování (poslední výztužný rám, staničení určeno zhotovitelem tunelu, pata čelby měřená geologem atp.). Doporučená přesnost je v dm.
- jméno, příjmení a podpis pracovníka, který dokumentaci provedl,
- tvar čelby a nezajištěné části výrubu ve formě nákresu. Musí být vhodně vyznačena měřítko.
- zakres zjištěných geologických poměrů na čelbě a na stěnách výrubu. Geologickými poměry se rozumí stratigrafické poměry, včetně rozdělení geologického prostředí na geotechnické typy (kvaziisogenní celky) definované v podrobném geotechnickém průzkumu a používané v realizační dokumentaci tunelu. Dále sklon, orientace a popis hlavních diskontinuit (výplň diskontinuit, jejich rozevření, drsnosti povrchu a podobně).
- popis hydrogeologických poměrů (lokalizace a vydatnost přítoků podzemní vody),
- určení výšky naloží, případně předpokládané výšky skalního naloží s uvedením zdroje informací,
- zakres předstihového zajištění čelby (mikropilotové deštníky, čelbové kotvy, jehlování apod.),
- popis a zařazení výrubu (čelba a stěny výrubu) dle tunelářské klasifikace a/nebo normy ve vazbě na závěry podrobného geotechnického průzkumu a realizační dokumentaci tunelu,
- informace o skutečně použité technologii ražby - způsob rozpojování horniny, délka záběru,
- srovnání skutečných a předpokládaných geotechnických podmínek (tzn. zhodnocení odlišností geotechnických podmínek),
- prognózu geologických poměrů před popisovanou čelbou tunelu a to minimálně na délku 2 až 3 záběrů (musí být určeno v realizační dokumentaci monitoringu),
- doporučení opatření pro další ražbu na základě prognózy geotechnických poměrů před čelbou
- zakres případných technologických či geologických nadvýrubů a předpokládaná příčina jejich vzniku,
- jméno a podpis pracovníka, který formulář převzal.

Viz následující obr. č. 3.11 a č. 3.12.

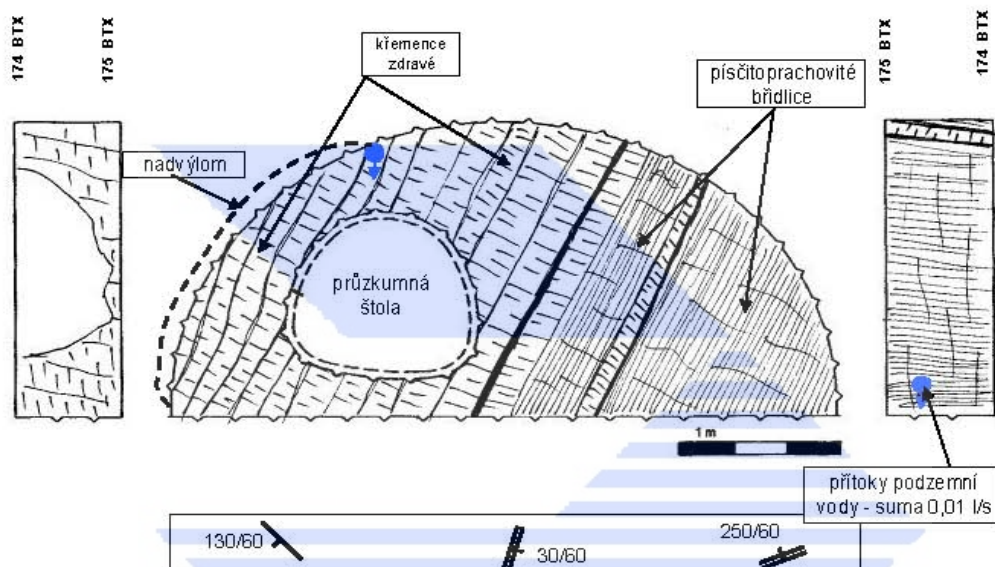
Ve formuláři „Geotechnické a geologické sledování výrubů“ musí být rozlišeny údaje prvotní (získané přímo z prohlídky stavby geologem), dále údaje odvozené a převzaté. To odpovídá požadavkům vyhlášky č. 55/1996 Sb., podle které je nutné v geotechnické dokumentaci čelb vyznačit skutečnosti přímo ověřené (získané přímo), nepřímo ověřené nebo předpokládané (odvozené).

Konkrétní podoba a obsah formuláře „Geotechnické a geologické sledování výrubů“ musí být stanoveny v realizační dokumentaci monitoringu podle konkrétních podmínek příslušné stavby.

	Stavba č.0079 Špejchar – Pelc Tyrolka TUNEL Y BLANKA	
--	---	--

Geotechnické a geologické sledování výrubů - Tunel Y Blanka

Čelba číslo	Datum	Hodina	Měřítko	Dokumentoval	Tunel. metr od portálu (m)	Staničení [km]
90.07.01.01.0171	27.9.2007	13:40	1:100	Przybyla, Diart	282,85	6,985 ⁹¹
Úsek ražby		Ražba kaloty severní tunelové trouby STT - z portálu Trója				



Popis horninového masivu (ČSN 72 1001)					
Křemence , zdravé W1, světle šedé, s rezavými povlaky limonitu - navětralé W2, třída R2 (navětralé - třída R3), deskovitě až lavičovitě vstevnaté s proplásky písčito-prachovité břidlice , černé, zdravé W1, třída R3 - R4, laminovitě vstevnaté. Hustota diskontinuit střední. SKALECKÉ VRŠTIVY (skalecká facie) - DOBROTVSKÉ SOUVRSTVÍ - ORDOVIK					
Plochy mechanické nespojitosti	1. systém (hlavní)	2. systém	3. systém	Tektonické poruchy	Poruchová pásma s výplní o šířce X m
Orientace spádnice v °	130/60	240/50	30/60		
Průměr rozteč (mm)	10 - 450	400 - 600	500 - 800		
Průběžnost	průběžné	část. průběžné	částečně průběžné		
Tvar, drsnost	zvlňněné, hladké	rovné, hladké	rovné, hladké		
Rozevření/šířka (mm)	-	-	-		
Výplň	-	Fe-oxidy	Fe-oxidy, kalcit		
Voda iničiální (cca v l/s/m)					
čelba vlhká, voda na počvě					
Počet systémů diskontinuit	3	Blakovitost	deskovitá		
Mocnost nadčelí nad kalotou	cca 17 m	Stabilita výrubu	v cyklu stabilní		
Počet bodů QTS	58 - 63	Délka záběru (m)	1,79 m		
Tech. třída NRTM (TT)	3 H	Nadvýtlom	20 x 400 x 179 cm		
Prognóza, doporučení: Úsek ražby pod korytem Vltavy, výrub v TT NRTM 3H, max. délka záběru 1,75m. Vypadávání horniny z čelby a přístropí. Provést stabilizační nástřik.					
Způsob rozpojování horniny trhací práce+strojní rozpojování Poznámky: Přítoky podzemní vody (do 0,01 l/s celkem) v pravé patce hlavně po foliaci břidlic drobné přítoky i v levé horní část čelby a levém boku. Ražba pod korytem Vltavy, výrub v TT NRTM 3H. Délka postupu je 1,75 m, délka nevystrojeného výrubu 2,2 m.					
Čelbu předal:			Čelbu převzal:		

Obr. č. 3.11. Geotechnická dokumentace čelby tunelu

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Čelba číslo	Datum	Hodina	Fotografoval	Tunel, metr od portálu (m)	Staničení [km]
90.07.01.01.0171	27.9.2007	13:40	Przybyla, Diart	282,85	6.985 ⁹¹



3.12. Fotografická dokumentace čelby tunelu

Tam, kde je to účelné, by měla být geotechnická dokumentace čelb doprovázena fotografickou dokumentací čelb a stěn výrubů. Fotografická dokumentace je pak přílohou geologické dokumentace a obsahuje:

- datum, čas provedení fotografické dokumentace
- staničení čelby
- jméno a příjmení pracovníka, který fotografickou dokumentaci zhotovil
- tam, kde je to přínosné, se do fotografie zakreslují zjištěné hlavní diskontinuity a lokalizují přítoky podzemní vody. Vyznačují se i vektory posuvů měřičských bodů, pokud se nacházejí v daném profilu.

Příklad fotografické dokumentace čelb a stěn výrubů je uveden na obrázku č. 3.12

V realizační dokumentaci monitoringu je třeba uvést nejen intenzitu a intervaly provádění geotechnické dokumentace, ale i její kapacitní zajištění a způsob vedení i kontroly dokumentujících geologů hlavním (odpovědným) geologem.

Dále je nutno v realizační dokumentaci monitoringu upřesnit, co bude předmětem geotechnické dokumentace, která bude zaslána do Geofondu a smluvní i organizační zajištění této povinnosti. Viz kap. 3.9.7.

3.9.4. Zatřídování hornin, tunelářské klasifikace

Zatřídování hornin do horninových typů, technologických tříd výrubu, případně klasifikace horninového masivu podle některých z tunelářských klasifikací, je nedílnou součástí monitoringu a geotechnického hodnocení horninového masivu v průběhu ražby tunelu.

Výchozí podklady pro zařazení do horninových typů a technologických tříd výrubu, na úrovni DSP a RDS stavby musí zajistit podrobný geotechnický průzkum.

V průběhu výstavby tunelu se pak pro aktuální klasifikaci horninového masivu, jeho zařazení do horninových typů a zařazení do technologických tříd výrubu provádí podrobná geotechnická a fotografická dokumentace jednotlivých čeleb, v případě potřeby se odebírají vzorky hornin a provádí se průběžně laboratorní, ale i polní zkoušky horninového masivu.

Přednostně se používá postup a metoda zařazení a klasifikace, která již byla použita v podrobném geotechnickém průzkumu, nebo postup co nejbližší.

Podle zařazení hornin, zařazení do technologických tříd výrubu i zvolené tunelářské klasifikace musí být tunel rozdělen nejpozději ve fázi zpracovávání RDS tunelu do kvazihomogenních celků. Každému kvazihomogennímu celku je přiřazena technologická třída výrubu a třída horninového typu. Každý kvazihomogenní celek je dále definován určitým intervalem hodnot pro ražbu klíčových geotechnických parametrů. (Například doba stability nezajištěného výrubu, přítoky vody, strukturní parametry hlavních systémů ploch nespojitosti, stupeň a druh zvětrání, hodnoty hlavních fyzikálně mechanických parametrů horninového masivu a horninové substance, vlastnosti povrchů a výplně ploch nespojitosti, atp.)

Projektantem DSP tunelu musí být stanovena vazba technologických tříd výrubu na konkrétní zařazení hornin do horninových typů či tunelářskou klasifikaci a změny výše uvedených geotechnických parametrů.

Na jednáních KDM, případně při denním hodnocení výsledků monitoringu, a skutečně zastižených geologických poměrů na čelbách, se provádí aktuální posouzení předpokládaných technologických tříd výrubu uvažovaných v RDS stavby tunelu,

Při zjištění odlišných geotechnických podmínek od předpokladů, na základě kterých byla zpracována RDS stavby, musí být odpovědným geotechnikem podán zdůvodněný návrh na změnu technologické třídy výrubu. Viz kap. 4.2.

Podrobný postup musí být předepsán v realizační dokumentaci monitoringu.

Mezi nejpoužívanější tunelářské klasifikace horninového masivu patří:

- RMR - Bieniawski, 1974 (1989)
- Q systém – Barton et al., 1974, (1993,2003)
- GSI – Hoek et al., 1994, (2002)
- ÖNORM B 2203 , ONORM B 2203-1
- QTS – Tesař, 1977, (1989,1992)
- RQD - Deer et al., 1966
- BGD – ISRM, 1981 (pro geotechnický popis horninového masivu)

Pro zařazení při dokumentaci čeleb se používá ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.

(Pro zařazení hornin podle pevnosti materiálu tabulka A.4, pro těžitelnost a rozpojitelnost hornin tabulka D.1)

3.9.5. Hodnocení odlišnosti geotechnických podmínek

Průběžné hodnocení odlišnosti geotechnických podmínek na čelbách tunelu během ražeb je nedílnou součástí komplexního hodnocení výsledků monitoringu. Provádí jej odpovědný geolog tunelu na základě porovnávání geotechnických poměrů (geotechnických typů hornin) předpokládaných v závěrech podrobného geotechnického průzkumu (a použitých pro zpracování projektové dokumentace

tunelu) se skutečnými geotechnickými poměry zastiženými během ražeb. Přihlíží přitom k rozdílům mezi předpokládaným a skutečným deformačním vývojem v místě, kde se hodnocení provádí.

Na komplexním hodnocení výsledků monitoringu se tudíž musí spolu s odpovědným geotechnikem podílet i odpovědný geolog.

Hodnocením odlišnosti geotechnických podmínek se také stanovují rozdíly mezi geologickými poměry, pro které byla zpracována nabídka zhotovitele ražeb tunelu, se skutečnými poměry zastiženými při ražbě.

Postup hodnocení odlišností geotechnických podmínek, kritéria pro toto hodnocení a způsob využití výsledků hodnocení odlišných geotechnických podmínek (Lit. TP 76-C) musí být součástí smluvních dohod mezi objednatelem a zhotovitelem ražeb tunelu. Je i podkladem pro financování případných víceprací (nebo využití úspor z případných méně-prací), vyplývajících ze závěrů přijatých na jednání KDM.

V realizační dokumentaci monitoringu se proto stanovuje konkrétní postup, jak se tyto rozdíly kvantifikují (např. na základě zařazení do jednotlivých horninových typů, technologických tříd, zatřídění dle konkrétní tunelářské klasifikace, stability čelby atp.).

Pro jednoznačné stanovení odlišných geotechnických podmínek je proto nezbytné v realizační dokumentaci monitoringu výstižně a spolehlivě definovat kritéria pro jejich posuzování.

Tato kritéria (například prostřednictvím tzv. smluvních geotechnických základů) by se měla zahrnout i do smluvních dokumentů mezi zhotovitelem ražeb a objednatelem. Viz TP 76-C .

Jako smluvní geotechnické základy se volí ty geotechnické parametry, které jsou v průběhu ražeb tunelu nejdůležitější pro úpravy technologie výstavby, případně změny realizační dokumentace stavby a významně se tak promítají do skutečných nákladů na provedení díla a doby výstavby. Viz TP 76-C .

Konkrétní hodnoty smluvních geotechnických základů objednatel vůči zhotoviteli ražeb tunelu smluvně garantuje.

3.9.6. Vztah k báňským předpisům – vyhláška č. 55/1996 Sb., o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění pozdějších předpisů.

Požadavky na „geologickou dokumentaci“ při činnosti prováděné hornickým způsobem stanovuje vyhláška ČBÚ č. 55/1996 Sb. ve znění pozdějších předpisů, v § 17. Jejím prioritním cílem je zajištění bezpečnosti práce v podzemí.

Za plnění této vyhlášky je výslovně zodpovědná organizace provádějící ražby tunelu (zhotovitel), konkrétně závodní.

Vyhláška ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, mimo jiné stanovuje, že vedení podzemního díla je dovoleno, pouze pokud je zpracována a doplňována „geologická dokumentace“, která zajišťuje dostatečné informace o geologických poměrech, ve kterých má být dílo vedeno. (Vyhl. č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, používá pojem *geologická dokumentace pro činnosti, které jsou ve smyslu TP geologickou dokumentací. Nerozlišuje rozdíl mezi pojmem geotechnická a geologická dokumentace*)

Podzemní dílo musí podle této vyhlášky provádět organizace disponující oprávněním k hornické činnosti nebo činnosti prováděné hornickým způsobem. Tato organizace je také za vedení a doplňování „geologické dokumentace“ ve smyslu výše uvedené vyhlášky č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, odpovědná. Může si ale pro tuto činnost sjednat odbornou firmu.

Zhotovitel monitoringu, pokud je objednatelem monitoringu investor, nemůže provádět pro zhotovitele ražeb „geologickou dokumentaci“ podle vyhlášky č. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, protože by byla porušena nezávislost zhotovitele monitoringu.

3.9.7. Česká geologická služba (Geofond)

Odst. 4, §12, zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů, stanovuje povinnost organizací (fyzické nebo právnické osoby), která provádí geologické práce podle zákona č. 62/1988 Sb., odevzdat písemnou a grafickou geologickou dokumentaci do šesti měsíců od ukončení prací České geologické službě.

Organizace, která je majitelem těchto informací (zadavatel monitoringu), si v tomto případě může podle tohoto zákona vyhradit podmínky, za kterých bude tato dokumentace zpřístupňována jiné fyzické nebo právnické osobě.

Vyhláška č. 368/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, v §12, odst. 2 stanovuje, že České geologické službě se odevzdává písemná dokumentace v rozsahu souhrnné geologické dokumentace. Toto ustanovení se však v rámci prací monitoringu týká jen doplňkových geologických průzkumů prováděných v průběhu ražeb tunelu (dle zákona č. 62/1988 Sb.). Viz odst. 3.9.1

Z geotechnické dokumentace prováděné v rámci monitoringu se odevzdává pouze podélný geologický řez tunelem, případně další významné geologické řezy u důležitých objektů a částí tunelu.

Rozsah geotechnické a geologické dokumentace, předávaný do Geofondy zhotovitelem monitoringu, musí být předem definován v realizační dokumentaci monitoringu. Musí být smluvně zajištěno finanční ohodnocení těchto prací (ze zákona je za toto předání odpovědný objednatel).

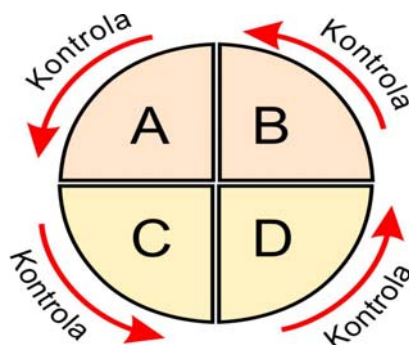
Pokud je mezi objednatelem a zhotovitelem monitoringu dohodnuto, že zhotovitel monitoringu předá geologickou, případně část geotechnické dokumentace do Geofondy, tak za její přípravu a správnost zpracování odpovídá hlavní (odpovědný) geolog monitoringu.

4. Hodnocení monitoringu

Hodnocení monitoringu je komplexní činnost, zaměřená na 4 hlavní oblasti:

- A - Komplexní vyhodnocení a zpracovávání výsledků všech prováděných měření tak, aby byl zřejmý úplný obraz o odezvě horninového masivu a budované konstrukce tunelu, včetně ovlivněných objektů nadzemní zástavby, na ražbu a na jevy s ní související.
- B - Interpretace geotechnické dokumentace, jejímž cílem je ověření správnosti geologických poměrů, jejich zpřesnění, přetřídění hornin a jejich přiřazení jednotlivým technologickým třídám výrubu, především kvantifikace případných odlišností geotechnických podmínek předpokládaných projektem a zastižených při výstavbě. Totéž se týká charakteristických hodnot geotechnických parametrů, geotechnických modelů a ostatních matematických modelů použitých pro návrh konstrukce tunelu.
- C - Na základě observačního přístupu aplikace technologických tříd výrubů v daném horninovém prostředí. To je technologie ražeb, ostění tunelu, stabilizačních opatření (kotvy, mikropilotové deštníky, jehly atp.), délky a sekvence záběrů, rychlosti postupů a členění výrubů atp. Zpřesňování RD monitoringu (doplnění míst, druhů i četnosti měření podle skutečného vývoje sledovaných veličin).
- D - Hodnocení aktuálních geotechnických rizik, optimalizace požadavků na bezpečnost, kvalitu a ekonomiku díla, v rámci struktury řízení rizik, v průběhu výstavby tunelu.

Průběžně probíhá kontrola správnosti hodnocení výsledků měření ve všech těchto oblastech na základě principu zpětné vazby. Viz schéma na obr. č 4.1.



Obr. č. 4.1. Hlavní okruhy hodnocené monitoringu tunelu.

Hlavními konkrétními výstupy hodnocení výsledků monitoringu jsou:

- Zjištění odezvy tunelového ostění, horninového masivu a nadzemní zástavby na ražbu, ověření a zpřesnění geotechnického i geomechanického modelu geologického prostředí, ve kterém se tunel razí, zpřesnění konkrétních hodnot geotechnických parametrů a geotechnického modelu použitých pro návrh a dimenzování tunelu.
- Korekce technologických tříd, korekce technologie ražeb a vystrojení tunelu v každém záběru, včetně formulace prognózy geologických a geotechnických podmínek horninového masivu v úseku bezprostředně před čelbou.
- Přijímání a kontrola účinnosti opatření přijatých pro udržení deformačního vývoje systému horninové prostředí – tunelové ostění - povrch terénu - objekty nadzemní zástavby v projektem požadovaných mezích.
- Optimalizace požadavků na dosažení co nejnižších nákladů a co nejvyšší bezpečnost ražeb, na úplné splnění technicko kvalitativních požadavků projektu a na co nejrychlejší provedení ražeb. Průběžné podklady do systému řízení rizik výstavby tunelu.
- Kontrola vlivu ražeb na práva třetích stran (objekty nadzemní zástavby, inženýrské sítě, životní prostředí atp.).
- Právní průkaz kvality prováděného díla (podklad pro souhrnnou zprávu zhotovitele o hodnocení jakosti stavebních prací).

Hodnocení monitoringu respektuje principy observační metody, musí být prováděno komplexně a nepřetržitě v závislosti na postupu stavebních prací.

Na hodnocení výsledku monitoringu se podílí všichni kompetentní účastníci výstavby svoji účastí na KDM, viz kap. 4.2.2.

4.1. Kancelář monitoringu

4.1.1. Funkce kanceláře monitoringu

Monitoring je v průběhu výstavby tunelu řízen zhotovitelem monitoringu prostřednictvím tzv. kanceláře monitoringu.

Kanceláři monitoringu se rozumí všechny personální i technické prostředky zhotovitele monitoringu, nezbytné pro řízení monitorovacích prací a vyhodnocování jejich výsledků.

Kancelář monitoringu organizuje sběr dat, provádí jejich skladování v databázích, jejich zpracování, hodnocení a přípravu pro prezentaci výsledků monitoringu. Zajišťuje také předání výsledků hodnocení a všech dalších potřebných dat účastníkům výstavby.

Kancelář monitoringu je součástí systému správy či řízení stavby. Je klíčovou součástí systému řízení rizik.

Struktura kanceláře monitoringu, její organizační uspořádání, personální složení, odpovědnosti jednotlivých pracovníků kanceláře, technické i softwarové vybavení a její chod musí být podrobně popsána v realizační dokumentaci monitoringu.

Kancelář monitoringu musí být vybavena centrálním počítačem na ukládání a archivaci dat. Počítač musí být napojen na internet a musí mít dostatečnou kapacitu a výkon. Kancelář monitoringu průběžně archivuje veškeré naměřené hodnoty z monitoringu i všechny ostatní informace, mající vztah k výsledkům měření.

K úkolům kanceláře monitoringu patří:

- koordinace všech zhotovitelů a podzhotovitelů monitoringu tak, aby měření byla prováděna v souladu se schváleným plánem měření dle realizační dokumentace monitoringu a v souladu s potřebami výstavby,
- archivování primárních dat a výstupů z databáze a vedení této databáze,
- příprava podkladů pro pravidelné, zpravidla týdenní hodnocení výsledků měření monitoringu na KDM,
- průběžné vyhodnocování výsledků měření s ohledem na jejich vztah ke kritériím varovných stavů,
- zajišťování toku informací o výsledcích měření, případně o dosažení varovného stavu, ke všem zodpovědným osobám účastníků výstavby.

Kancelář monitoringu bez zbytečného odkladu průběžně upozorňuje všechny účastníky výstavby na změny geologických poměrů (odlišné podmínky staveniště) a upozorňuje na vhodnost změny zařazení ražby do příslušné technologické třídy, případně iniciuje jednání k úpravě zajištění výrubu.

Kancelář monitoringu na základě dosavadních výsledků měření a sledování ražeb analyzuje rizika vzniku případných mimořádných událostí (viz kapitola 3.8.8, 4.3) a stanovuje jejich pravděpodobné fyzikální příčiny.

Jsou-li měření zaznamenány hodnoty blízké se nebo překračující kritéria varovných stavů, posuzuje kancelář monitoringu vzniklou situaci a navrhuje objednateli (správci stavby, technickému dozoru) svolání mimořádného KDM a v součinnosti s hlavním geotechnikem předkládá návrh na vyhlášení příslušného varovného stavu a přijetí příslušných opatření. Viz kap. 4.3.

Jsou-li stanoveny hodnoty smluvních geotechnických základů a definovány odlišné geotechnické podmínky (viz kap. 3.9.5), kancelář monitoringu posuzuje, zda vznikly důvody pro kompenzaci oprávněných vícenákladů zhotovitele a připravuje objednateli podklady pro určení rozsahu těchto kompenzací.

Závěry kanceláře monitoringu často mohou vést jak k vícepracím, tak i naopak k podstatným úsporám. Významným způsobem se proto podílí na řízení rizik při ražbách.

Kancelář monitoringu proto musí být zapojena do systému řízení výstavby. To se děje především účastí na KDM (popř. účastí na dalších technických poradách či kontrolních dnech).

Hodnocení výstupů monitoringu, které by mohly mít dopad na průběh výstavby, úpravy realizační dokumentace, na náklady stavby a její harmonogram, musí být projednávány za účasti všech kompetentních účastníků výstavby. Toto projednávání se děje na jednáních kontrolních dnů monitoringu KDM.

4.1.2. Klíčoví pracovníci zhotovitele monitoringu

Srozumitelná struktura a popis kompetencí klíčových pracovníků monitoringu jsou nutné pro jasnou definici vztahů mezi nimi, kanceláří monitoringu a ostatními účastníky výstavby. Proto kompetence jednotlivých klíčových pracovníků monitoringu musí být vyčerpávajícím způsobem popsány v realizační dokumentaci monitoringu a musí být provázány se strukturou řízení celé výstavby.

Pro konkrétní stavbu je obsazení dále uvedených funkcí klíčových pracovníků monitoringu stanoveno v DSP, ZDS i RDS stavby, konkrétně ve Zvláštních obchodních podmínkách stavby.

Současně je uvedeno i v realizační dokumentaci monitoringu.

Klíčoví pracovníci zhotovitele monitoringu jsou následující:

- a) Zodpovědný řešitel zakázky (hlavní manažer monitoringu)
- b) Vedoucí kanceláře monitoringu
- c) Hlavní geotechnik monitoringu
- d) Hlavní (odpovědný) geolog
- e) Hlavní geodet
- f) Inženýr informačního systému monitoringu
- g) Ostatní specialisté

Ostatní specialisté se doplňují podle konkrétního obsahu monitoringu (hydrogeolog, statik, správce databázového systému, zodpovědní pracovníci za jednotlivé druhy měření apod.).

a) Zodpovědný řešitel zakázky – hlavní manažer monitoringu

Hlavní manager monitoringu je zhotoviteli monitoringu odpovědný za řízení zakázky, od vypracování realizační dokumentace monitoringu až po závěrečnou zprávu monitoringu. Je reprezentantem zhotovitele monitoringu vůči technickému dozoru objednatele (správci stavby) a ostatním účastníkům výstavby v obchodních a ekonomických věcech. Koordinuje práci specialistů zhotovitele monitoringu i jeho subdodavatelů a jím najatých externích expertů na monitoringu.

Řeší veškeré vztahy zhotovitele monitoringu s objednatelem (smluvní vztahy zhotovitele monitoringu, fakturaci monitoringu apod.).

Koordinuje práci všech členů týmů zhotovitele monitoringu včetně subdodavatelů.

Hlavní manager monitoringu také zodpovídá za to, že při realizaci monitoringu jsou dodržovány veškeré právní a bezpečnostní předpisy, závazné normy, technické předpisy a technicko kvalitativní podmínky projektu.

Podle potřeb kanceláře monitoringu koordinuje všechna měření, včetně měření od všech subdodavatelů.

Odsouhlasuje výkazy výměr a výkazy provedených prací všem subdodavatelům měření.

b) Vedoucí kanceláře monitoringu

Vedoucí kanceláře monitoringu zajišťuje informační tok dat, jejich uskladnění v centrální databázi, archivaci, hodnocení, zpracovávání týdenních a dalších periodických zpráv a to včetně geotechnické dokumentace.

Je odpovědný za zpracovávání periodických zpráv o výsledcích měření a závěrečné zprávy o monitoringu.

Zajišťuje spolupráci se správcem databáze, předává mu a přebírá od něj požadavky na úpravu chodu databáze, včetně specifických požadavků na zpracování a prezentaci uložených dat.

Odpovídá za optimální časovou koordinaci všech měření a provádění geotechnické dokumentace a za včasné zpracování výstupů z měření pro jednání KDM.

Porovnává výsledky měření s kritérii varovných stavů. Dává jednáním KDM zprávy o výsledcích měření.

Podle pracovního pořádku, zpracovaného v realizační dokumentaci monitoringu, upozorňuje odpovědné účastníky výstavby na dosažení kritérií varovných stavů.

Koordinuje s hlavním geotechnikem spolupráci při vysvětlování případných anomálií ve výsledcích měření a zajišťuje plnění z toho vyplývajících požadavků na opakované měření, nebo účast na jednáních, projednávajících výsledky měření monitoringu.

Je stálým členem KDM.

c) Hlavní geotechnik monitoringu

Hlavní geotechnik musí být autorizovanou osobou dle zákona ČNR č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů, (ČKAIT) pro obor „geotechnika“.

Hlavní geotechnik monitoringu odpovídá za komplexní odborné hodnocení standardních výstupů kanceláře monitoringu. V případě potřeby zadává kanceláři monitoringu zpracování podkladů pro nadstandardní rozboru nebo tyto rozboru sám provádí a předkládá ostatním účastníkům výstavby.

Konfrontuje komplexně výsledky měření včetně geologického a geotechnického hodnocení a všech možných faktorů, ovlivňujících výsledky měření s kritérii varovných stavů.

Vyjadřuje se k situacím, kdy bylo dosaženo kritéria varovného stavu a podává návrhy na jejich vyhlášení varovných stavů, na úpravy kritérii varovných stavů, na doplnění měření, četnosti měření, přijetí příslušných opatření atd.

Vypracovává komplexní geotechnické hodnocení spolupůsobení stavby s horninovým masívem, krátkodobé prognózy deformačního vývoje výrubu v dalším záběru ražby a návrhy na další postup měření i výstavby ovšem pouze z geotechnického hlediska.

Geotechnickému typu zastiženému v daném záběru, přiřazuje příslušnou technologickou třídu vystrojení výrubu podle toho, jak je vztah mezi geotechnickými typy a technologickými třídami definován v projektu RDS stavby.

Pokud je projektantem stavby v ZDS a RDS pro jednotlivou technologickou třídu definován rozsah jednotlivých vystrojovacích prvků (rozmezí počtu kotev, jejich konkrétní umístění ve výrubu, atp.), tak na základě skutečně zastiženého geotechnického typu a podrobného geotechnického zhodnocení daného výrubu rozhoduje o konkrétní aplikaci jednotlivých vystrojovacích prvků v rámci dané technologické třídy.

Tyto kompetence hlavního geotechnika musí být podrobně popsány v RD monitoringu, RDS stavby, v pracovním pořádku stavby, zahrnutý do souboru smluvních dohod a musí být pro ně v rozpočtu monitoringu vytvořeny odpovídající podmínky. (Průběžný geotechnický dozor na odkrytých čelbách.)

Je stálým členem KDM

d) Hlavní (odpovědný) geolog

Odpovědný geolog musí disponovat příslušnými oprávněními podle zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů. Viz kap. 3.9.1.

Hlavní (odpovědný) geolog odpovídá za geotechnické sledování průběhu ražby tunelu a za zpracování geotechnické dokumentace výrubů v podobě vstupů do databáze monitoringu.

Na základě podrobného zhodnocení skutečně zastižených geologických poměrů na každé čelbě, stanovuje konkrétní geotechnický typ horniny v daném záběru a jeho prognózu pro jeden až dva další záběry.

Provádí komplexní geologické, geotechnické a hydrogeologické porovnání zastižené skutečnosti s předpoklady podrobného geotechnického průzkumu a se skutečnostmi uvedenými v zadávací dokumentaci monitoringu.

Odpovídá za zdokumentování skutečných geologických a geotechnických podmínek zastižených v průběhu ražby tunelu. Viz kap. 3.9.1. až 3.9.4.

Je odpovědný za zhodnocení zjištěných rozdílů (odlišných geotechnických podmínek staveniště) a za formulaci z toho vyplývajících požadavků na doplnění geotechnických znalostí, či realizační dokumentace ražeb stavby. Viz kap. 3.9.5. (zatřídění hornin do geotechnických typů ve vztahu k technologickým třídám výrubu.

V případě provádění geologických prací realizovaných podle zákona č. 62/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů, je za jejich provádění a zpracovávání příslušné geologické dokumentace odpovědný.

Výstupy a doporučení vyplývající z geotechnického hodnocení čeleb a hodnocení geologické dokumentace předkládá osobně na KDM a vypracovává zprávu o aktuálních geologických poměrech v místě ražeb.

Řídí a odborně koordinuje činnost dokumentujících geologů, garantuje objektivní zařizování hornin do tunelářských klasifikací, do technologických tříd výrubu a inženýrsko geologické prognózy pro další úseky ražby prováděné dokumentujícími geology.

Je stálým členem KDM.

e) Hlavní geodet

Hlavní geodet musí mít oprávnění pro hlavního důlního měřiče podle ČBÚ č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti, ve znění pozdějších předpisů.

Hlavní geodet zodpovídá za správnost provádění i hodnocení všech geodetických měření a za zpracování výsledků všech geodetických měření prováděných v podzemí i na povrchu.

Zajišťuje zapracování geodetické, geologické a specifické dokumentace v podobě vstupů do databáze monitoringu.

Kooperuje se správcem databáze.

Hlavnímu geodetovi jsou metodicky i věcně podřízeny všechny subjekty, které v rámci týmu zhotovitele monitoringu provádějí geodetická měření.

f) Inženýr informačního systému monitoringu

Inženýr informačního systému monitoringu (správce počítačového databázového systému) zodpovídá za fungování databáze monitoringu (hardware i software). Spolupracuje s vedoucím kanceláře monitoringu.

V případě potřeby, na základě požadavku vedoucího kanceláře monitoringu, upravuje fungování informačního systému či doplňuje databázový systém monitoringu.

g) Vztahy mezi klíčovými pracovníky monitoringu

Podle charakteru a rozsahu zakázky (monitorovacích prací) je možné definované kompetence a činnosti klíčových pracovníků monitoringu agregovat do menšího počtu osob. (Např. hlavní manažer monitoringu + vedoucí kanceláře monitoringu nebo odpovědný geotechnik + vedoucí kanceláře monitoringu apod.). Všechny výše popsané odborné, řídicí a organizační kompetence však musí být mezi konkrétní skutečné klíčové pracovníky monitoringu úplně a srozumitelně rozděleny.

Zvolené organizační schéma kanceláře monitoringu a podrobný popis reálných kompetencí všech klíčových pracovníků monitoringu ve smyslu těchto TP musí být pro konkrétní stavbu jasně uvedeny

v dokumentaci monitoringu na úrovni DSP stavby i v realizační dokumentaci monitoringu a v příslušných smlouvách o dílo (souhrnem smluvních dohod všech dotčených účastníků výstavby).

Příslušní klíčoví pracovníci monitoringu musí být prokazatelně seznámeni s celou realizační dokumentací monitoringu a zejména se svou pracovní náplní a kompetencemi.

4.1.3. Součinnost kanceláře monitoringu s objednatelem (správcem) a zhotovitelem stavby

Zhotovitel monitoringu ve standardním případě neprovádí sled a dozor probíhajících stavebních prací, neodsouhlasuje (s výjimkou činností monitoringu) výkazy provedených prací, nekontroluje kvalitu stavebních prací atd. Tyto činnosti jsou ve výlučné pravomoci technického dozoru objednatele/správce stavby, případně autorského dozoru projektanta.

Kancelář monitoringu však musí mít k dispozici od objednatele (správce stavby) anebo od zhotovitele ražeb pro hodnocení výsledků měření všechny informace o průběhu výstavby, o postupu prací a o všech jevech, které mohou mít vliv na výsledky měření.

Jedná se především o:

- projevy technologické nekázně zhotovitele výstavby, přerušení ražeb, počátky a ukončení pracovních cyklů,
- vlivy od technologie výstavby, zejména veškeré změny v technologii a rychlosti postupu výstavby, postupu ražeb, injektážní tlaky, počty kotev, velikosti a lokalizace nadvýlomů atd.
- geologické anomálie z důvodů vyšší moci zakryté stavebními konstrukcemi před provedením geotechnické dokumentace.

Způsob zajištění těchto informací včetně odpovědnosti za jejich zajištění musí být popsán v realizační dokumentaci monitoringu a projednán se zhotovitelem stavby i objednatelem a promítnut do smluvních vztahů.

4.2. Kontrolní dny monitoringu (KDM)

Komplexní projednávání výsledků monitoringu kompetentními účastníky výstavby a související rozhodovací proces je důležitá součást řízení stavby. Za tímto účelem se konají pravidelná a/nebo operativní kontrolní dny monitoringu - KDM.

KDM nenahrazuje činnost technického dozoru objednatele ani nepřebírá jeho odpovědnosti, je specializovanou součástí kontrolního dne stavby.

Účastníci jednání na něm vystupují jednotlivě jako kompetentní zástupci účastníků výstavby a to každý se svou odpovědností, vyplývající z uzavřených smluv o dílo dle obchodního zákoníku a ze stavebního zákona.

Účastníky jednání KDM jsou standardně zástupci objednatele (správce stavby, technického dozoru), autorského dozoru projektanta (zhotovitele DSP a DZS), zhotovitele stavby včetně zpracovatele RDS stavby, zhotovitele monitoringu, smluvních konzultantů objednatele, externích expertů, případně další experti přizvaní objednatelem.

KDM jedná pravidelně, nejméně jedenkrát za dva týdny, obvykle však jedenkrát týdně. Smyslem KDM je, aby s výsledky měření, s jejich hodnocením i souvislostmi, byli seznámeni všichni kompetentní účastníci výstavby. Výsledky měření, návrhy a doporučení dalšího postupu se na jednání diskutují a vzájemně oponují.

V případě vzniku nebezpečí nepředpokládaného vývoje sledovaných veličin s nutností upravit průběh monitoringu a ražeb iniciuje objednatel (správce) stavby na popud kanceláře monitoringu mimořádné jednání KDM v nejkratším možném termínu.

Cílem jednání KDM je, aby bylo pokud možno dosaženo shody všech účastníků jednání. Odpovědnost za přijaté rozhodnutí však má každý účastník výstavby sám za sebe dle jím uzavřených smluvních vztahů.

Pokud nedojde ke shodě, postupuje se podle pracovního pořádku stavby. Rozhodnutí má, podle povahy řešeného problému a s přihlédnutím k uzavřeným smlouvám, příslušně kompetentní účastník výstavby, zpravidla správce stavby.

Jednání KDM řídí zástupce objednatele, respektive správce stavby. Každý účastník jednání má právo na zaznamenání svého vlastního názoru, pokud je odlišný od výsledného rozhodnutí.

Kancelář monitoringu pro jednání KDM připravuje standardní výstupy a hodnocení měření. Na požádání kteréhokoli účastníka výstavby připravuje zvláštní rozbor měření, uzpůsobené pro specifický problém, který je předmětem společného projednávání výsledků monitoringu.

Kromě pravidelných KDM se v případě potřeby provádí operativní denní hodnocení chování aktuálních čel a rozhodování o postupu při dalším záběru.

4.3. Varovné stavy a základní charakteristika souvisejících opatření.

4.3.1. Základní principy

Varovný stav v chování sledovaného systému je definován jako taková kvalitativní změna v jeho chování, která znamená zásadní změnu v úrovni podstupovaného rizika.

Při ražbě tunelu se sledovaným systémem rozumí interakce horninový masív - ostění tunelu, případně dalších stavebních konstrukcí (nadzemní zástavba, sousední podzemní objekty atd.).

Dosažení určitého varovného stavu je podnětem pro přijetí určitých, předem v realizační dokumentaci stavby připravených, technicko-organizačních opatření. Tato opatření jsou nástrojem pro udržení chování sledovaného systému v přijatelných mezích a pro odvrácení důsledků vzniku nežádoucích jevů během výstavby.

Tato opatření spočívají v:

- úpravě provádění vlastního monitoringu (organizačně – zrychlení informačního toku apod., technicky - zvýšení/snížení frekvence měření, rozšíření monitoringu o měřické body nebo použití nových metod monitoringu atd.),
- úpravě realizační dokumentace stavby,
- úpravě technologie ražeb (úprava technologických tříd výrubu a jejich vazby na konkrétní klasifikaci a zařazení horninového masívu, sanační opatření, bezpečnost, řízení rizik),
- přijetí zvýšených bezpečnostních opatření, příprava a organizační zajištění technických opatření atp.

V souvislosti s varovnými stavy jsou definovány následující pojmy:

- stupeň varovného stavu
- kritérium varovného stavu

Stupeň varovného stavu je určitý stav v chování horninového masívu a/nebo stavební konstrukce, který má vztah k stanovenému cíli monitoringu a je spojen s určitým opatřením. Čím vyšší je stupeň varovného stavu, tím větší je podstupované riziko, tzn. horninový masív či sledovaná stavební konstrukce má blíže ke ztrátě stability nebo k jinému nežádoucímu stavu.

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

Předem stanovenými hodnotami sledovaných veličin se rozumí hodnoty stanovené před zahájením ražeb projektantem DSP tunelu), případně statikem v součinnosti s hlavním geotechnikem zhotovitele monitoringu.

Konkrétní hodnoty kritérií varovných stavů stanovuje projektant DSP, ZDS a RDS stavby s ohledem na předpokládanou či skutečnou napětíodeformační odezvu horninového masívu (včetně ovlivněných stavebních konstrukcí), vyvolanou ražbou tunelu.

Toto posuzování se vždy provádí ve vztahu k existujícímu geotechnickému riziku.

Při definování hodnot kritérií varovného stavu musí být určeno, zda se jedná o aktuální hodnotu měřené veličiny, odpovídající danému kroku ražby, či o hodnotu ustálenou či hodnotu konečnou. Viz kap.1.3.14.

Rovněž musí být vzato v úvahu, v kterém okamžiku vzhledem k časovému vývoji měřených veličin v průběhu ražeb mohou být měření prováděna. (Např. ztracené konvergence, deformace od průzkumných štol či starších objektů v blízkosti měřených bodů atp.) Viz kap. 1.3.13

V průběhu výstavby mohou být hodnoty kritérií varovných stavů zpřesňovány na základě skutečného chování horninového masívu a stavebních konstrukcí. Toto zpřesňování se projednává na jednáních KDM a musí být odsouhlaseno projektantem.

4.3.2. Stupně varovných stavů

Pro dokumentaci stavby se stanoví stupně varovných stavů dle jejich naléhavosti. Naléhavostí se rozumí míra podstupovaného geotechnického rizika.

Poslední stupeň varovného stavu při ražbě tunelu znamená postupovat dle havarijního plánu pod vedením vedoucího likvidace havárie dle vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

V průběhu výstavby se definice jednotlivých stupňů varovných stavů upřesňují na základě nových monitoringem průběžně získávaných poznatků. Spolu s upřesňováním stupňů varovných stavů se zpřesňují i kritéria pro jejich přijetí.

Vychází se přitom z napětíodeformační odezvy horninového masívu a ražbou ovlivněných stavebních konstrukcí a z hodnocení vývoje rizik a spolupůsobení horninového masívu a stavební konstrukce.

Obdobně se v případě potřeby upravují i příslušná technicko-bezpečnostní opatření.

4.3.3. Kritéria varovných stavů a charakteristika souvisejících opatření

Kritéria pro varovné stavy se během stavby projednávají na jednáních KDM. Vychází se přitom z poznatků o chování horninového masívu a sledované stavební konstrukce v daných geologických podmínkách.

Na počátku výstavby jsou kritéria definující jednotlivé stupně varovných stavů volena s dostatečnou bezpečností. S růstem poznatků o vzájemném vlivu stavby na horninový masiv je pak možné je postupně zpřesňovat a stanovit výstižnější definice.

Kritéria pro varovné stavy se stanovují pouze pro nejdůležitější sledované veličiny, jejichž vývoj je pro žádoucí chování sledovaného systému nejdůležitější.

Zpravidla se jedná o koncové (celkové) velikosti svislých a vodorovných posuvů měřických bodů na primárním ostění (konvergenční měření) a parametry charakterizující průběh poklesové kotliny na povrchu terénu (viz kap. 1.3.13.) a dále o velikosti deformací staticky důležitých konstrukčních prvků objektů nadzemní zástavby nad raženým tunelem v dosahu poklesové kotliny.

Pro kritéria varovných stavů se používají:

- absolutní hodnoty sledovaných veličin a jejich časové průběhy,

- trendy ve vývoji hodnot sledovaných veličin (především zrychlení jejich změn).

Ve vazbě na komplexní hodnocení výsledků měření a na aktuální varovné stavy se pak přijímají opatření, týkající se:

- měření a vyhodnocování monitoringu (četnosti měření, úpravy v typech a rozsahu měření, rychlosti a způsobu vyhodnocování výsledků),
- pohotovostního režimu (směru a rychlosti informací a rozhodovacího procesu v rámci řízení výstavby a rizik),
- úprav technologie výstavby (podle RDS stavby),
- bezpečnosti práce, podle havarijního plánu ve smyslu vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů,
- ochrany majetku a hodnot.

Na stanovení hodnot kritérií varovných stavů se podílí kromě odpovědného projektanta tunelu i statik. Na jejich úpravě v průběhu výstavby i zodpovědný geotechnik. Vycházejí při tom z projektantem definované přípustné, případně již nepřipustné hodnoty sledovaných veličin.

Pro měřené veličiny se doporučuje stanovit maximálně 5 úrovní stupňů varovných stavů. Viz obr.č. 4.2.

- Stav vysoké míry bezpečnosti
- Stav přípustných změn
- Stav mezní přijatelnosti
- Kritický stav
- Havarijní stav

Optimální počet varovných stavů pro konkrétní stavbu (objekt stavby, konstrukci atd.) stanovuje projektant DSP nebo ZDS (RDS) stavby tunelu. Přitom přihlíží k očekávanému vývoji sledovaných veličin (očekávané koncové hodnoty sledovaných veličin, rychlosti jejich změn) a k analýze rizik.

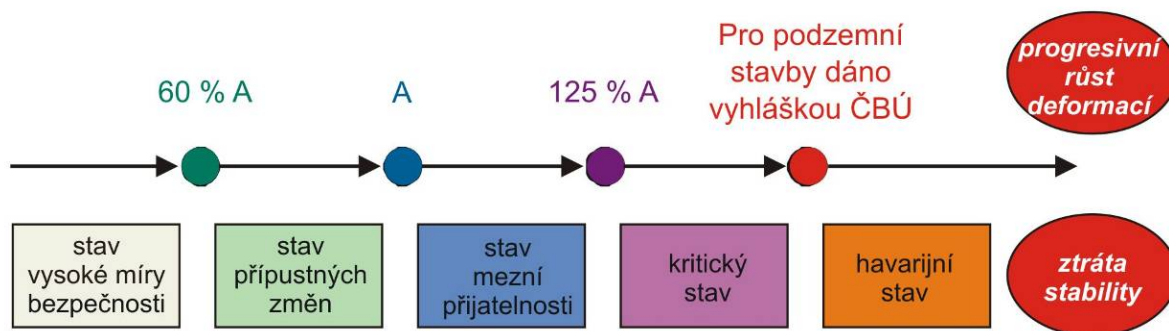
Minimální počet varovných stavů je dva:

- Stav mezní přijatelnosti
- Kritický stav

Klíčovým varovným stavem je varovný stav mezní přijatelnosti. Doporučuje se, aby se kritérium tohoto varovného stavu odvíjelo od určité hodnoty sledované veličiny stanovené statickým výpočtem provedeným v DSP (mezní hodnota „A“). Viz obr. 4.2.

Hodnota „A“ by měla vystihovat stav odpovídající očekávanému žádoucímu chování sledovaného systému (např. očekávaná hodnota deformace primárního tunelového ostění, očekávané sedání či náklon určitého objektu nadzemní zástavby) v daném momentu postupu výstavby (například fáze ražby, poloha sledované čelby tunelu k sledovanému profilu atp.).

Není-li možné hodnotu „A“ určit jednoznačně výpočtem, anebo později v průběhu výstavby zpětnými výpočty, stanovuje se odborným odhadem.



Obr. č. 4.2. Posloupnost varovných stavů

Ostatní varovné stavy a jejich kritéria jsou pak vymezena ve vztahu k hodnotě „A“. Pro standardní situace se doporučuje definovat další varovné stavy dle schématu na obr. č. 4.2.

V odůvodněných případech může projektant či statik číselně zvolit jiné procentuální vymezení kritérií varovných stavů k hodnotě „A“, nebo použít odlišný postup.

Cílem opatření přijímaných v průběhu výstavby je nedopustit vznik kritického, nebo dokonce havarijního stavu, případně přijímat opatření k zlevnění a zrychlení výstavby.

Jednotlivé varovné stavy jsou podrobně definovány v kapitolách 4.3.4 až 4.3.8.

4.3.4. Stav vysoké míry bezpečnosti

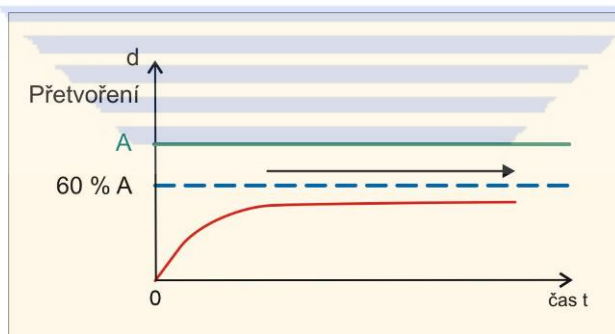
Měřené hodnoty jsou ustálené a jsou podstatně nižší než hodnota "A" sledované veličiny, předpokládané pro danou fázi výstavby (např. méně než 60% hodnoty A). Podstupovaná rizika jsou zanedbatelná. Geologické poměry jsou jednoznačně lepší než očekávané.

Stav vysoké míry bezpečnosti znamená, že ražba je velmi konzervativní a je možné přijmout opatření k úsporám v projektu a postup výstavby zrychlit.

Základní charakteristika přijímaných opatření je:

1. Postup měření a sledování probíhá podle realizační dokumentace monitoringu, případně se omezují místa a počet některých druhů měření.
2. Při výstavbě mohou být přijata opatření vedoucí k úspoře nákladů. Například zrychlení ražby, omezení rozsahu sanačních opatření atp. Zároveň je nutno zajistit ověření důsledků přijetí úsporných opatření na vývoj chování sledovaného systému.

Při stavu vysoké míry bezpečnosti je cílem monitoringu snížení nákladů, zvýšení rychlosti výstavby, optimalizace úsporných opatření při výstavbě při zachování technicko kvalitativních podmínek projektu. Viz obr. č. 4.3.



Obr. č 4.3. Stav vysoké míry bezpečnosti

4.3.5. Stav přípustných změn

Hodnoty měřených veličin se rychle ustalují a nepřekročí hodnotu "A" sledované veličiny předpokládané pro danou fázi výstavby. Viz obr. č. 4.4.

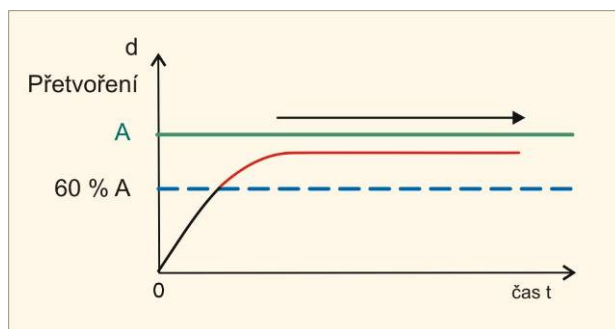
Geologické poměry odpovídají předpokladům realizační dokumentace stavby a realizační dokumentace monitoringu. Podstupovaná rizika jsou ještě bezpečně přijatelná.

Základní charakteristika přijímaných opatření:

1. Postup měření a sledování probíhá podle realizační dokumentace monitoringu.

2. Výstavba postupuje podle schválené realizační dokumentace stavby.

Cílem monitoringu je trvalé porovnávání předpokladů dokumentace (ZDS, RDS) stavby se skutečností.



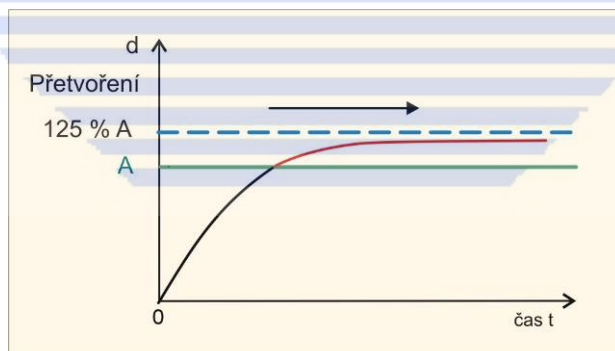
Obr. č. 4.4. Stav přípustných změn

4.3.6. Stav mezní přijatelnosti

Stav mezní přijatelnosti je stav na hranici, nebo mírně za hranicí projektantem očekávaných hodnot sledovaných veličin.

Není však ohrožena stabilita sledovaného systému, či dosažení jeho prvního mezního stavu. Pozn: Prvním mezním stavem se rozumí mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1997-1 "Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla" (dále jen Eurokód 7).

Sledované veličiny, i když v daném okamžiku ještě nejsou zcela ustálené, spějí zřetelně k ustálenému stavu, aniž by výrazně překročily hodnotu "A", předpokládané pro danou fázi výstavby (doporučuje se volit kritérium max. 125% hodnoty A). Podstupovaná rizika jsou téměř na hranici přijatelnosti, ale nepřekračují ji. Viz obr. č. 4.5.



Obr. č. 4.5. Stav mezní přijatelnosti

Základní charakteristika přijímaných opatření:

1. V provádění monitoringu: zvýšení četnosti měření, případně provedení dalších analytických vyhodnocení vybraných již naměřených dat, zpětné výpočty, atp.
2. Provádí se analýzy směřující k ověření správnosti či k úpravě pro projekt zvolených geotechnických modelů a parametrů charakteristických či výpočtových hodnot. Analyzují se případné geotechnické odlišnosti staveniště, v případě potřeby se navrhuje doplňkový geotechnický průzkum či šetření.

3. Zvyšují se nároky na rychlost zpracování a předávání zpracovaných dat. Podle okolností může být zaveden pohotovostní režim. Dle uvážení se do systému měření a sledování zapojují nové druhy měření, které realizační dokumentace monitoringu pro danou situaci předpokládá.
4. V úpravách technologie ražeb: vychází se z nabídky opatření připravených v RDS stavby. Je nutno v menším rozsahu počítat i s vícepracemi. Přijímají se technická opatření, aby se chování sledovaného systému vrátilo minimálně do stavu přípustných změn.

Cílem monitoringu je zabránění dosažení kritického stavu.

4.3.7. Kritický stav

Aktuální stav sledovaného systému již odpovídá jednoznačně nepřijatelné úrovni rizik. Geologické poměry jsou obvykle výrazně horší, než v daném místě výstavby předpokládal projekt.

Vývoj chování sledovaného systému by bez přijetí mimořádných opatření v technologii výstavby, případně úpravy RDS stavby, představoval vysoké nebezpečí vzniku nežádoucích jevů a v krajním případě realizaci mimořádné události ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Pro kritický stav je charakteristické, že hodnoty sledovaných veličin:

- výrazně překračují hodnotu "A" sledované veličiny předpokládané pro danou fázi výstavby (např. více než 125% hodnoty A),
- nejeví sklon k ustálení a jejich růst pokračuje stále stejnou, byť malou rychlostí a to i v okamžiku, kdy již v důsledku postupů ražeb nedochází k změně zatížení ostění v sledovaném profilu (sekundární creep- viz kap. 3.8.1.). Viz obr. č. 4.6.

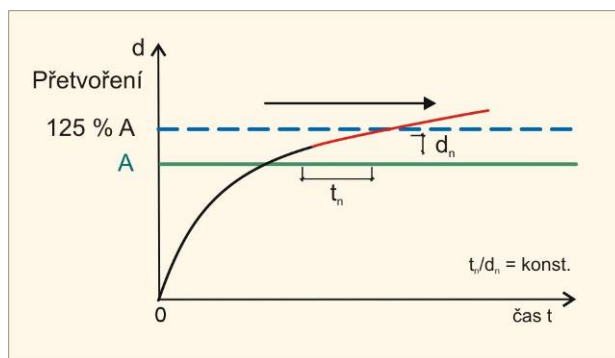
Setrvalý sekundární creep je velmi nebezpečným stavem i v podmínkách, kdy k němu dochází pod hodnotou kritéria kritického stavu definovaným hodnotou jeho absolutní velikosti.

Pro posouzení vzniku kritického stavu je proto nezbytné posoudit oba tyto parametry, přičemž setrvalý sekundární creep je pro vyhlášení kritického stavu zpravidla dostatečným důvodem.

Základní charakteristika přijímaných opatření:

1. V provádění monitoringu: zvýšení četnosti měření, případně zařazení nových druhů měření, které si vyžaduje situace. Podle okolností lze zavést i měření, která realizační dokumentace monitoringu původně nepředpokládala. Četnost měření se upravuje podle potřeby, zpravidla je nejméně denní. Výsledky monitoringu je třeba hodnotit a dopravovat kompetentním subjektům okamžitě. Doplňují se znalosti o geologickém prostředí v sledovaném místě.
2. V provádění ražeb: změny v technologii výstavby, úpravy realizační dokumentace ražeb, případně i zadávací dokumentace stavby. V rámci technologie ražby tunelu může být přistoupeno i k opatřením, pro daný úsek tunelu zpracovanou RDS, neuvažovaným nebo k opatřením, které mají charakter víceprací.
3. Analyzují se komplexně možné příčiny tohoto stavu a po jejich definici se co nejrychleji přistupuje k úpravě realizační dokumentace stavby a předpokladů pro návrh (úpravy) způsobu zajištění stability výrubu (geotechnický model, geotechnické parametry).

Cílem přijímaných opatření je co nejrychleji zpomalit a poté zcela zastavit trvalý nárůst deformací.



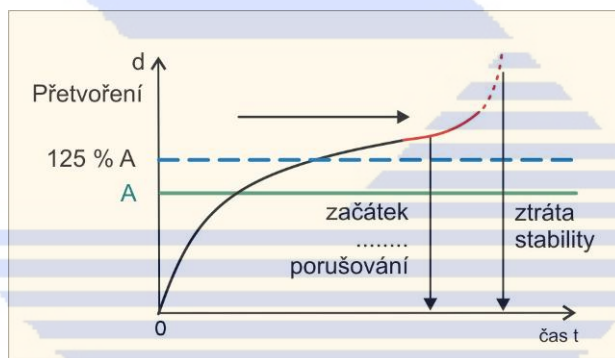
Obr. č. 4.6. Kritický stav

4.3.8. Havarijní stav

Havarijní stav je stavem, kdy sledované veličiny začaly progresivně růst, případně již došlo k mimořádné situaci dle vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Pro havarijní stav je charakteristické, že:

- velikosti sledovaných hodnot vykazují zřetelné zrychlování. Viz obr. č. 4.7.
- sledované hodnoty výrazným způsobem překročily hodnotu "A" sledované veličiny předpokládané pro danou fázi výstavby a překonaly hodnotu druhého mezního stavu dle Eurokódu 7 pro dotčenou stavební konstrukci.



Obr. č. 4.7. Havarijní stav

Při hodnocení havarijního stavu je podstatné, že systému stavba – horninové prostředí bezprostředně hrozí náhlá ztráta celkové stability a akutní nebezpečí vzniku mimořádné situace ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Podstupovaná rizika dosáhla zcela nepřijatelných úrovní, nebo již došlo v plném rozsahu k realizaci nežádoucí mimořádné události.

Za havarijní stav je také považována situace bezprostředně po ztrátě stability sledovaného systému, kolapsu a vyhlášení mimořádného stavu ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Za tohoto stavu se proto postupuje podle schváleného havarijního plánu zhotovitele stavby. Veškeré kompetence, týkající se opatření na stavbě a při měření, přebírá při havarijním stavu zhotovitel stavby a jím, ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů, určený vedoucí likvidace havárie.

Monitoring probíhá tak, aby bylo zajištěno dostatečné množství informací k řešení důsledků vzniku mimořádné situace a pro objasnění fyzikálních příčin, které vznik mimořádné situace způsobily.

(Podklady pro přeformulování geotechnických modelů a zpřesnění charakteristických hodnot návrhových parametrů hornin).

Monitorují se účinky přijímaných opatření. Klade se maximální důraz na monitorování bezpečnosti probíhajících prací.

Cílem přijímaných opatření v rámci monitoringu je především ochrana životů a zdraví ohrožených pracovníků, odvrácení vzniku mimořádné události či jejích dalších důsledků, minimalizace potenciálních či dalších škod na hmotném majetku, které by při ztrátě stability systému ostění – hornina nebo objektů v nadloží nastaly a vytvoření předpokladů pro následné úspěšné zmáhání důsledků případné ztráty stability systému ostění - hornina.

4.3.9. Některé zásady pro hodnocení varovných stavů

Posuzování, zda bylo či nebylo dosaženo varovného stavu, je nutno provádět komplexně. Zásady pro stanovování varovných stavů a výchozí hodnoty jejich kritérií jsou pouze výchozím doporučením.

Kromě nich je třeba vždy brát v úvahu:

- absolutní hodnoty sledovaných veličin na všech měřicích bodech v celém rozsahu právě sledovaného systému,
- rychlost růstu/ustalování hodnot sledovaných veličin na všech měřicích bodech v celém rozsahu právě sledovaného systému,
- zrychlení/zpomalení, s jakým se mění hodnoty sledovaných veličin na všech měřicích bodech v celém rozsahu právě sledovaného systému,
- míra shody teoretické a skutečné hodnoty sledované veličiny,
- možnost měřičských chyb a selhání lidského činitele.

Přihlížet je nutno k hodnocení celkových trendů ve vývoji sledovaných veličin a ke komplexnímu posouzení časového vývoje všech spolu souvisejících sledovaných veličin v rámci autonomně se chovajících částí sledovaného systému.

Při varovném stavu mezní přijatelnosti a vyšším je vždy nutno znovu posoudit platnost přijaté hypotézy přetváření sledovaného systému i technicko-ekonomické analýzy důsledků vyhlášení varovného stavu a existujících rizik. Ověřují se geotechnické parametry, geotechnické modely a ostatní předpoklady použité pro návrh a dimenzování tunelu.

V odůvodněném případě se kritéria varovných stavů přehodnocují. Toto přehodnocování se zpravidla provádí projednává na jednání KDM (viz kapitola 4.2.). K úpravě kritérií varovných stavů je nutný souhlas projektanta.

Podklady pro hodnocení varovných stavů a jejich vyhlášení jsou:

- Rozbor aktuálních výsledků monitoringu a návrhy opatření při provádění monitoringu. Zajišťuje zhotovitel monitoringu.
- Hodnocení případných odlišností staveniště, geotechnických modelů a geologických podmínek. Zajišťuje zhotovitel monitoringu.
- Varianty opatření pro udržení vývoje sledovaného systému v projektem požadovaných mezích. Zajišťuje projektant.
- Analýza průběhu ražeb z hlediska technologie a realizační dokumentace ražeb a návrhy opatření při vlastním provádění ražeb. Zajišťuje zhotovitel ražeb.

4.4. Zásady hodnocení výsledků monitoringu

Při hodnocení výsledků monitoringu se respektují zásady uvedené v Eurokódu 7:

- „Výsledky získané z monitoringu se musí vždy vyhodnotit a vysvětlit. Vyhodnocení se musí učinit kvantitativním způsobem.“
- *Hodnocení monitoringu musí být založeno „na měření posuvů, napětí a rozboru, který zohledňuje sled stavebních operací“, tedy především postup ražeb a všech faktorů, které je doprovází.“*

Způsob zpracování, skladování a hodnocení dat z měření musí splňovat požadavek, že získaná data jsou určena k rozhodovacímu procesu ražeb tunelu, to znamená, že musí být zpracována a hodnocena bez zbytečného odkladu a průběžně a musí být kdykoliv pohodlně přístupná všem kompetentním účastníkům výstavby tunelu v centrální databázi monitorovacího systému. Proto je žádoucí, aby databáze a výsledky monitoringu byly přístupné on-line (například prostřednictvím internetu).

Hodnocení výsledků monitoringu musí kromě přímého hodnocení měřených veličin obsahovat:

- stanovení nejistot při měření (tzn. měřické chyby),
- analýzu a případné vyloučení chyb vzniklých při měřeních,
- prostorové a časové průběhy měřených hodnot, v případě potřeby v různých měřítkách
- vzájemné porovnání prostorových a časových průběhů různých sledovaných veličin (například sumační čáry deformací, čáry rychlostí deformací v čase, případně i čáry zrychlení deformací v čase, vektor prostorové změny polohy měřického bodu v čase, řezy průběhu deformací v čase v různých měřických bodech),
- interpretaci výsledků měření ve vztahu k fázi ražby tunelu, aktuálním geologickým poměrům v místě měření, ke kritériím varovných stavů a porovnání výsledků měření s předpoklady realizační dokumentace stavby.

V průběhu monitoringu se v případě potřeby kritéria varovných stavů, na základě růstu poznatků o celkovém chování sledovaného systému, upravují. Přitom se využívá zásad observační metody a metod zpětné analýzy.

4.5. Přijímaná opatření

Přijetí varovného stavu určité úrovně je popudem k přijetí odpovídajících, předem v realizační dokumentaci stavby připravených opatření.

Předem připravenými opatřeními se rozumí organizační a technická opatření s cílem dosáhnout změny ve vývoji sledovaného systému a zabránit, aby byl dosažen varovný stav vyššího stupně, resp. aby nebyl překročen „stav přípustných změn“ (viz kap. 4.3.5), dále dosáhnout úpravy měření a vyhodnocování monitoringu (četnost měření, úpravy v typech a rozsahu měření, rychlost a způsob vyhodnocování výsledků).

V oblasti výstavby se jedná především o následující opatření:

- zavedení pohotovostního režimu (směru a rychlosti informací a rozhodovacího procesu v rámci řízení výstavby a rizik),
- úpravy technologie výstavby (úprava technologických tříd, změny v postupu ražeb a ve způsobu vystrojení tunelu, úprava realizační dokumentace stavby),
- organizace bezpečnosti práce (podle technologického postupu ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

Výše uvedená opatření jsou navrhována a prováděna v souladu s realizační dokumentací ražeb a realizační dokumentací monitoringu.

5. Zajištění monitoringu

5.1. Obecná ustanovení

Monitoring výstavby tunelu může provádět pouze právnická osoba, mající ve svém trvalém pracovním poměru nositele příslušných oprávnění, která splňují všechna technicko kvalitativní kritéria stanovená v zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele monitoringu. Viz kap. 5.2.2..

Zhotovitelem monitoringu musí být právnická osoba nezávislá na zhotoviteli tunelu a na zpracovateli zadávací dokumentace monitoringu.

Kvalifikační kritéria na výběr zhotovitele monitoringu zahrnují kritéria technická (týkající se vlastnictví požadované přístrojové techniky), personální (disponibilita vlastními klíčovými odbornými pracovníky s dostatečně dlouhou zkušeností s prováděním monitoringu na srovnatelných podzemních stavbách a požadovanými oprávněními pro výkon činnosti monitoringu apod.) a finanční (schopnost se příslušným dílem podílet na sdílení rizik souvisejících s výstavbou tunelu).

Výběrové řízení na zhotovitele monitoringu vypisuje zpravidla stejný zadavatel, který zadal provedení podrobného geotechnického průzkumu nebo DSP stavby.

Tyto požadavky a další pravidla v následujících odstavcích kapitoly 5 těchto TP platí pro klasický model přípravy a výstavby tunelu, kdy objednatel je zadavatelem podrobného GTP i DSP tunelu a kdy tyto dokumenty jsou závazným podkladem pro zhotovitele stavby tunelu a to jak při výběrovém řízení na zhotovitele stavby, tak i pro provedení vlastní stavby.

5.1.1. Zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu

Pro zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele monitoringu se zpravidla použije dokumentace monitoringu zpracovaná na úrovni DSP, doplněná o ustanovení vyplývající ze zákona o veřejných zakázkách a o příslušné TP a TKP.

Zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu je i nutnou informativní součástí zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele vlastní výstavby tunelu (vyplývají z ní požadavky na součinnost zhotovitele stavby při provádění monitoringu).

Zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu je zpracována podrobně s definicí všech konkrétních cílů měření a rozsahu měření (měřících metod, sledovaných veličin, měřících míst i četnosti měření).

Zpracovatelem zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu může být zadavatel stavby nebo jiný subjekt, kterého si zadavatel najal (např. geotechnická konzultační firma).

Zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu musí být zpracována renomovanou nezávislou odbornou firmou se značnými prokazatelnými zkušenostmi v oblasti monitoringu podzemních staveb

Zadávací dokumentace musí obsahovat soupis prací a výkaz výměr všech projektovaných monitorovacích prací.

Ve výběrovém řízení se nepřipouští variantní metoda ani změna rozsahu měření v jednotlivých nabídkách.

Zpracovatel zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu se již nezúčastňuje výběrového řízení na zhotovitele monitoringu a to ani v pozici subdodavatele.

Zadavatel dokumentace monitoringu si může pořídit nezávislé expertní posouzení kvality zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu.

Zhotovitel dokumentace pro stavební povolení stavby odsouhlasuje konkrétní cíle monitoringu a technicko-ekonomickou analýzu, návrh definic varovných stavů a jejich kritérií a bere v úvahu rizikovou analýzu.

5.1.2. Kritéria varovných stavů v dokumentaci monitoringu

Dokumentace monitoringu tunelu na úrovni DSP či DZS obsahuje:

- popis geotechnického modelu a hypotézu přetváření horninového masívu a stavebních konstrukcí (představu o spolupůsobení stavebních konstrukcí a horninového masívu v průběhu ražeb, viz kap. 3.2.2.
- rekapitulace nežádoucích jevů, ke kterým může během ražeb dojít, výstupy rizikové analýzy a navazující konkrétní cíle monitoringu pro danou stavbu podle jednotlivých stavebních objektů. Viz kap. 1.6.3..

- návrh definic varovných stavů a kritérií pro jejich posuzování. Viz kap. 4.3.

Konkrétní hodnoty kritérií varovných stavů musí být v souladu s projektovou dokumentací pro stavební povolení (ražeb) a musí vycházet z projekčního řešení, statických výpočtů a technologického řešení ražeb.

Dokumentace monitoringu tunelu musí respektovat požadavky vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

5.2. Výběrové řízení na zhotovitele monitoringu

5.2.1. Požadavky na instrumentaci

Uchazeč na provádění monitoringu musí rozhodující typy měření vyjmenované v zadávací dokumentaci provádět zásadně vlastními silami, nikoliv v subdodávce. V nabídce tedy uchazeči prokazují vlastnictví příslušných měřících přístrojů a vyhodnocovacích výpočetních programů.

Na uchazeče, kteří si významnou část přístrojové techniky pronajímají nebo pořizují až podle výsledků výběrového řízení na zhotovitele monitoringu, je třeba se dívat jako na subjekty bez dostatečných zkušeností a referencí.

V zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele monitoringu je nutno uvést:

- požadavky na přesnost měření a jeho spolehlivost (zásadně se však neuvádí požadavky na výrobní značky měřící techniky)
- požadavky na způsob skladování, zpracování a hodnocení dat, způsob a rychlost jejich přenosu k uživatelům (informační systém monitoringu). Doporučuje se požadovat přístup účastníků výstavby do databáze výsledků měření a přenos zpracovaných dat z kanceláře monitoringu (databáze) k uživatelům po internetu „on-line“.

5.2.2. Požadavky na odbornou úroveň personálu a zhotovitele monitoringu

Zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu uvádí náročná kvalifikační kritéria na obsazení hlavních klíčových specialistů kanceláře monitoringu. Viz kap. 4.1.2.

- Hlavní geotechnik monitoringu, vedoucí kanceláře monitoringu, hlavní manager monitoringu (osvědčení o autorizaci osob ČKAIT, ve smyslu zákona č. 360/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů, v oboru geotechnika).
- Hlavní (odpovědný) geolog (osvědčení o odborné způsobilosti v oboru inženýrská geologie ve smyslu zákona č. 62/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů, v rozsahu § 2 odst. 2 písm. d) vyhlášky č. 206/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů).
- Hlavní geodet (osvědčení hlavní důlní měřič dle požadavků vyhlášky ČBÚ Vyhl. ČBÚ č. 435/1992 Sb.) o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, ve znění pozdějších předpisů a oprávnění k provádění geodetických prací dle zákona č. 200/1994 Sb. o zeměměřictví, ve znění pozdějších předpisů, v rozsahu dle § 13, odst. 1, písm. c).

Výše uvedené pozice musí být obsazeny specialisty s praxí min. 10 let v požadovaných pozicích a s prokazatelnou účastí na monitoringu tunelové stavby.

V týmu zhotovitele monitoringu musí být i specialista s oprávněním k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, úpravami, údržbou a správou pozemních komunikací podle MP SJ-PK, Část II/2 průzkumné a diagnostické práce pro geotechnický průzkum.

Laboratorní zkoušky a měření může provádět pouze subjekt se způsobilostí podle MP SJ PK, část II/3 - Zkušebnictví (laboratorní činnosti) , tj. laboratoř akreditovaná nebo odborně způsobilá.

Zhotovitel monitoringu tunelové stavby musí mít tyto specialisty v trvalém pracovním poměru.

Dále jako právnická osoba musí zhotovitel monitoringu mít:

- Oprávnění k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem dle zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů, dle ustanovení § 5 odst. 2, a dle ustanovení § 4, písm. c) a e) vyhlášky č. 298/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, v rozsahu dle § 2, písm. i) a § 3, písm. c), e) a i) zákona č. 61/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a vyhlášky ČBÚ č. 15/1995 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
- Způsobilost k zajištění jakosti (kvality) podle části II/2 MP SJ-PK.
- Certifikaci systému managementu a ochrany zdraví při práci podle ČSN OHSAS 18001.

Objednatel může dále požadovat certifikaci systému environmentálního managementu v oblasti geotechniky, ekologie, podzemních a inženýrských staveb a pro zkušebnictví a monitoring podle ČSN EN ISO 14001.

5.3. Rozpočet monitoringu a jeho financování

5.3.1. Definice rozsahu prací monitoringu v zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele monitoringu

Zadávací dokumentace pro výběrové řízení na zhotovitele monitoringu musí vždy obsahovat úplný soupis prací a výkazu výměr podle jednotlivých typů měření a jednoznačnou definici technicko kvalitativních podmínek pro fungování celého monitorovacího systému.

Uchazeči doplňují pouze jednotkové ceny za měření. Druhy a počty měření jsou již součástí zadávací dokumentace a není dovoleno je měnit. (Pokud by uchazeči sami v nabídkách měnili rozsah měření, podstupoval by zadavatel monitoringu nebezpečí, že ve snaze o nejnižší cenu nabídky by uchazeči rozsah monitoringu nepřiměřeně omezili).

5.3.2. Referenční rozpočet monitoringu tunelu

Referenční rozpočet pro finanční plán stavby připraví pro objednatele (zadavatele výběrového řízení na zhotovitele monitoringu) zpracovatel zadávací dokumentace na výběr zhotovitele monitoringu (zpravidla zhotovitel DSP nebo ZDS tunelu).

Vychází při tom z výše uvedeného přesného výkazu výměr. Jednotkové ceny do referenčního rozpočtu stanoví na základě průměrných cen při provádění monitoringů na obdobných stavbách ve srovnatelných podmínkách. V případě potřeby je možné nechat posoudit referenční rozpočet monitoringu nezávislým expertům.

5.3.3. Rezerva rozpočtu monitoringu tunelu kontrolovaná objednatelem stavby

Při zpracovávání rozpočtu monitoringu je třeba vzít v úvahu, že určitý počet měřidel či měřících bodů může být během měření vyřazen z provozu. Rovněž nelze vyloučit, že v průběhu výstavby tunelu vznikne na základě skutečných výsledků měření a jejich hodnocení požadavek na zvýšení počtu jednotlivých měření, osazení dalších bodů nebo použití dalších typů měření. K rozpočtu, stanovenému podle výše uvedených pravidel, proto musí zadavatel monitoringu (objednatel stavby), v souladu s momentálními platnými rozpočtovými pravidly, přidat finanční rezervu. Ta je u monitoringu obvykle 15 až 30% z jeho celkové ceny.

Takto navýšený rozpočet pak objednatel stavby používá pro svůj finanční plán výstavby tunelu a realizace monitoringu.

Smlouva o dílo s vítězným uchazečem se však uzavře na finanční částku podle jeho nabídky bez finanční rezervy.

S výše uvedenou rezervou 15 – 30 % disponuje výhradně objednatel stavby. Rezerva se uvolňuje výslovně na základě hodnocení a doporučení, které jsou výstupem jednání KDM, vedených v rámci pracovního pořádku stavby.

Takovýto způsob stanovování celkové ceny za měření je velmi důležitý pro kvalitu monitoringu a garanci jeho užité hodnoty a pro rozhodovací proces v průběhu výstavby. Zároveň zaručuje zadavateli monitoringu nejnížší možnou cenu monitoringu, aniž by došlo k újmě na kvalitě poptávaných prací.

5.4. Zásady zpracovávání realizační dokumentace monitoringu

Realizační dokumentaci monitoringu zpracovává zhotovitel monitoringu. Podkladem je zpracovaná realizační dokumentace tunelu, kterou zpracoval vítěz výběrového řízení na zhotovitele stavby a zadávací dokumentace monitoringu.

Partnerem zpracovatele realizační dokumentace monitoringu je především projektant DSP, zpracovatel RDS stavby, statik s autorizací dle zákona č. 360/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů (dále jen statik) a zhotovitel podrobného geotechnického průzkumu.

Realizační dokumentace monitoringu dopracovává organizaci a plán řízení měření, zpřesňuje fungování kanceláře monitoringu, plán součinnosti všech poddodavatelů monitoringu a obsahuje jednoznačnou definici výstupů jejich činností.

Realizační dokumentace stavby zpřesňuje místa měření, četnost měření a varovné stavy pro jednotlivé typy měření a kritéria pro jejich přijetí. Integruje monitorovací práce do konkrétního systému řízení dané stavby a do systému řízení rizik ražeb tunelu.

Realizační dokumentace monitoringu již obsahuje konkrétní výrobce měřicí techniky, které budou použity a v přílohách i jejich technickou dokumentaci a specifické požadavky na jejich osazení.

Realizační dokumentace musí být projednána s ostatními účastníky výstavby a schválena zadavatelem. Poté se musí stát součástí smluvních dohod mezi objednatelem stavby a účastníky výstavby tunelu.

Musí být uveden podrobný popis odpovědností jednotlivých účastníků výstavby v rozhodovacím procesu, navazujícím na hodnocení výsledků monitoringu, návaznost na systém řízení rizik na stavbě, stejně tak jako pracovní náplně a odpovědnosti klíčových členů týmu kanceláře monitoringu. Viz kap. 3.7.2. a 4.1.2.

Nezbytnou součástí realizační dokumentace monitoringu je dopracování postupů, jak budou schvalovány odlišné geotechnické podmínky a jaký bude postup při zařazování hornin do geotechnických typů a zejména technologických tříd výrubu.

Tato část musí být provázána se smluvními vztahy mezi zhotovitelem stavby a objednatelem a mezi zhotovitelem monitoringu a objednatelem.

Realizační dokumentace monitoringu obsahuje podrobné požadavky na součinnost zhotovitele stavby při provádění měření na stavbě.

Realizační dokumentace monitoringu popisuje podrobný tok informací k jednotlivým účastníkům výstavby.

Součástí realizační dokumentace monitoringu je plán jeho organizace a řízení, který obsahuje:

- Organizační schéma měření a práce s daty. To obsahuje plán rozhodovacích kroků, směřujících k naplnění zadaných úkolů monitoringu.
- Pravidla, co který subjekt měří a kdy, jakým způsobem, kam, jak rychle a v jaké formě se předávají informace o výsledcích měření.
- Způsob posuzování kritérií varovných stavů, jak se přijímají a vyhláší varovné stavy.

- Způsob schvalování a zavádění připravených technických a organizačních opatření, souvisejících s varovnými stavy atp.
- Návaznosti na havarijní plán zhotovitele ražeb, zpracovaný dle vyhlášky ČBÚ č. 55/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
- Plán jakosti monitoringu.

Pokud má stavba vypracovaný samostatný systém řízení rizik, obsahuje realizační dokumentace monitoringu způsob propojení monitoringu se systémem řízení rizik na stavbě.

5.5. Archivace výsledků měření po dokončení ražeb

Zadavatel monitoringu archivuje po dobu záručních lhůt veškeré zprávy o výsledcích monitoringu (např. měsíční, čtvrtletní, zprávu závěrečnou), včetně ostatních analýz, zpětných výpočtů apod.

Minimálně po dobu záručních lhůt se archivuje databáze všech výsledků měření v elektronické podobě a závěrečná zpráva o výsledcích monitoringu v listinné a elektronické podobě. A to včetně geotechnické i geologické dokumentace zpracované v průběhu monitoringu. (Podle zadání objednatele).

Zadavatel monitoringu si může po předání stavby vyhradit předání všech výsledků monitoringu, včetně závěrečné zprávy monitoringu, v elektronické formě. V takovém případě musí být tento požadavek obsažen v zadávací dokumentaci na výběr zhotovitele monitoringu.

Závěrečná zpráva o výsledcích monitoringu se stává součástí dokumentace skutečného provedení stavby.

5.6. Návaznost monitoringu během provozování tunelu

5.6.1. Obecné zásady

Na monitoring prováděný v průběhu výstavby tunelu navazuje monitoring během provozu.

Monitoring tunelu během provozu podle těchto TP musí garantovat kontrolu spolehlivosti stavebních částí tunelu. Zaměřuje se proto na monitorování interakce ostění tunelu s horninovým prostředím a na vliv tunelu na horninové prostředí.

Monitoring tunelu v průběhu provozu respektuje požadavky TP 154 „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“ (ze dne 18.11.2009 s platností od 1.12.2009), zejména její kapitoly 3.3. „Řád provádění prohlídek a kontrol:

- Kontroly
- Prohlídky
- Posouzení stavu tunelu
- Měření a diagnostický průzkum

Monitoring tunelu za provozu se provádí v rozsahu, který je odůvodněný typem zvoleného primárního i sekundárního ostění tunelu, charakterem horninového prostředí dotčeného ražbou tunelu a poznatky získanými monitoringem, prováděným ve fázi výstavby tunelu.

Provádí se s pravidelnou četností podle předem schválené dokumentace monitoringu. Schválená dokumentace monitoringu během provozu tunelu je součástí provozní dokumentace tunelu (viz kap. Provozní dokumentace tunelu v TP 154).

Provozní dokumentace tunelu řeší, jakým způsobem jsou bezprostřední výstupy monitoringu implementovány do systému řízení provozu tunelu.

Dokumentace monitoringu tunelu během jeho provozu, včetně volby jeho cílů, se zpracovává na základě závěrečné zprávy o výsledcích monitoringu během výstavby, dokumentace skutečného

provedení výstavby tunelu a na základě zkušeností a poznatků získaných při monitoringu během výstavby.

Dokumentaci monitoringu tunelu za provozu zpracovává zhotovitel dokumentace tunelu pro stavební povolení.

Za provádění monitoringu tunelu během provozu je zodpovědný správce tunelu. Pro provádění monitoringu správce tunelu zpravidla najímá odbornou firmu.

5.6.2. Cíle monitoringu za provozu tunelu

Monitoring za provozu tunelu je dle těchto TP zaměřen zpravidla na:

- kontrolu přetváření a únosnosti tunelových ostění ve vybraných profilech,
- kontrolu vývoje napjatosti v tunelovém ostění a na rozhraní tunelového ostění a horninového prostředí v těchto profilech,
- sledování vodního režimu v širším okolí tunelu v rozsahu, ve kterém došlo stavbou tunelu k jeho ovlivnění,
- kontrolu účinnosti izolace tunelu a drenážního systému,
- kontrolu přetváření (deformace) portálů tunelu,
- kontrolu průběhu poklesové kotliny a sledování deformací a poruch v nadzemních objektech u městských mělkých tunelů s nadzemní zástavbou.

5.6.3. Vizualní prohlídky

Nedílnou a zároveň základní součástí monitoringu tunelu za jeho provozu jsou pravidelné vizualní prohlídky všech přístupných částí nosných konstrukcí.

Prohlídky se zaměřují především na vzniku a případný časový vývoj trhlin v ostění, na místa průsaků, na odpadávaní částí stavebních konstrukcí atp.

Vizualní prohlídky se provádí v souladu s ČSN 736221 a jsou běžné, mimořádné a hlavní.

Četnost těchto prohlídek stanovuje provozovatel (správce) tunelu s ohledem na typ stavební konstrukce, charakter horninového prostředí, ve kterém je tunel vyražen a dosavadní poznatky získané z monitoringu během výstavby i za provozování tunelu.

Vizualní prohlídky stavu tunelového ostění a ostatních konstrukčních částí tunelu se provádí spolu s prohlídkami podle TP 154 a v souladu s nimi.

Prohlídky tunelu jsou v souladu s TP 154 běžné a hlavní.

Běžné i hlavní vizualní prohlídky včetně projektem plánovaných měření prováděných za provozu lze provádět pouze při uzavření tunelu pro dopravu, to je při plánované dlouhodobé odstávce tunelu.

Na tyto uzavírky tunelu musí být ve smyslu provozního řádu tunelu povolení.

Četnost běžných prohlídek je zpravidla 3x do roka

Hlavní prohlídky se zpravidla provádí 1x za 4 roky. První je před uvedením tunelu do předčasného užívání, druhá před kolaudací a třetí prohlídka zpravidla na konci záruční doby tunelu. Slouží případně také jako podklad pro případné reklamační řízení.

V rámci každé "hlavní prohlídky" se provádí vyhodnocení výsledků a měření za období od minulé prohlídky. Zároveň se provede posouzení stavu "stavebně - technické části tunelu" viz kapitola 3.2.6.1 TP 154. Stanoví se klasifikační stupeň stavu tunelu / 1-7 /.

5.6.4. Měření

Pokud projektant nestanoví z důvodů hodných zřetele jinak, provádí se měření stanovená projektem monitoringu za provozu v termínech běžných prohlídek.

Četnost měření se stanovuje s ohledem na zranitelnost konstrukce tunelu, míru vlivu tunelu na jeho okolí, včetně objektů nadzemní zástavby, spolehlivosti a funkci celého sledovaného systému.

Počáteční četnost měření během prvního roku provozu tunelu je zpravidla 1x za čtvrt roku do ustálení měřených veličin.

Poté lze v souladu s naměřenými výsledky četnost měření snížit, obvykle až na konečnou hodnotu 1x ročně.

Četnost měření stanovuje správce tunelu na základě doporučení projektanta stavby a závěrečné zprávy o monitoringu tunelu během výstavby.

5.6.5. Archivace výsledků monitoringu během provozu tunelu

Archivace výsledků monitoringu během provozu tunelu se provádí v souladu s požadavky TP 154 kap. „Historický tunelový archiv“, konkrétně kapitola „Měření“.

V Praze dne 30. 4. 2011

Zpracoval: Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. ve spolupráci s Ing. Tomášem Ebermannem a Ing. Václavem Veselým Phd, ARCADIS Geotechnika a.s.

Autoři děkují: všem členům technické redakční rady a Ing. L.Maříkovi, Doc. M.Hilarovi, Ing. A.Butovičovi, Ing. L.Pikhartové, Doc.V.Horákovi, Ing. M. Majerovi., RNDr. R. Chmelařovi, J.Bohátkovi, Ing. O.Kostohryzovi, Ing. J. Svobodovi, Ing. J. Hromádkovi a řadě dalších, kteří předložili velmi cenné náměty a připomínky k návrhu textu těchto TP.

6. Související a citované normy

- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla"
- ČSN EN 1997-2 Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy. (eurokód 7)
- ČSN EN 22475-1 Geotechnický průzkum a zkoušení. Odběry vzorků a měření podzemní vody. Zásady provádění.
- ČSN EN ISO 22475-2 Geotechnical Investigation and Testing – Sampling Methods and Ground Water Measurements. Part 2 – Qualification Criteria for Enterprises and Personnel.
- ČSN EN ISO 22475-3 Geotechnical Investigation and Testing – Sampling Methods and Ground Water Measurements. Conformity Assessment of Enterprises and Personnel by Third Party
- ČSN ISO 4463-1 (73 0411) Měřicí metody ve výstavbě Část 1: Navrhování, organizace, postupy měření a přejímací podmínky.
- ČSN ISO 4463-2 (73 0411) Měřicí metody ve výstavbě Část 2: Měřické značky.
- ČSN ISO 4463-3 (73 0411) Měřicí metody ve výstavbě Část 3: Kontrolní seznam geodetických a měřických služeb.
- ČSN 730040 Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva
- ČSN 73 0039 Navrhování objektů na poddolovaném území. Základní ustanovení.
- ČSN 73 0210-1 Geometrická přesnost ve výstavbě. Podmínky provádění. Část 1: Přesnost osazení
- ČSN 73 0212-4 Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 4: Liniové stavební objekty
- ČSN 73 0212-5 Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 5: Kontrola přesnosti stavebních dílců
- ČSN 73 0405 Měření posunů stavebních objektů.
- ČSN 73 7501 Navrhování konstrukcí ražených podzemních objektů. Společná ustanovení.
- ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací, Revize, 2005
- ČSN 736221 .Prohlídky mostů a pozemních komunikací (zrušená)
- ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
- ČSN 73 7508 Železniční tunely
- ČSN OHSAS 18001 Certifikace systému řízení BOZP.

7. Související zákony a závazné právní předpisy

České dráhy: Technické kvalitativní podmínky staveb Českých drah, kapitola 20 – Tunely, Třetí - aktualizované vydání, změna č.2, říjen 2001

Hospodářská komora hl.m. Prahy: Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb sdružených tras inženýrských sítí (TKP-D-STIS), leden 2003

TKP kap. 24 – tunely, Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR, prosinec 2006, Praha

TP 154 - Provoz, správa a údržba pozemních komunikací, Technické podmínky, Ministerstvo dopravy ČR, leden 2009, Praha

TP 201 Měření a dlouhodobé sledování trhlin na betonových konstrukcích pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy prosinec 2008

TKP – D - kapitola 1- Všeobecně, Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR, srpen 2005, Praha

TKP - D- kapitola 7- Tunely, podzemní stavby a galerie, Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR, prosinec 2006, Praha

Technické podmínky 76 – C Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR, Leden, 2008, Praha

Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, 1993 a pozdější novely, Ministerstvo dopravy ČR,, Praha

Metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (MP SJ-PK) č.j. 20840/01-120 z 10.4.2001 ve znění změn č.j. 30678/01-123 ze dne 20.12.2001, č.j. 47/2003-120-RS/1 ze dne 31.1.2003, č.j. 174/05-120-RS/1 ze dne 1.4.2005 a č.j. 678/2008-910-IPK/2 a změny č.j.980/2010–910–IPK/1 ze dne 9.11.2010, Věstník dopravy 25/2010 a rovněž na www.pjpk.cz.

Zákon č. 505/1990 Sb. o Metrologii, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 20/1993 Sb. o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu ČR: č. 345/2002 Sb. kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška MPO č. 264/2000 O základních měřících jednotkách, ostatních jednotkách a jejich označování, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška MPO č. 262/2000, kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhl. ČBÚ č. 55/1996 Sb., o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění pozdějších předpisů ve znění pozdějších předpisů

Vyhl. č. 121/1989 Sb., o projektování provádění a vyhodnocování geologických prací, udělování povolení a odborné způsobilosti k jejich výkonům. (Zrušena vyhl. č.369/82004 Sb.)

Vyhl. MŽP č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci ve znění pozdějších předpisů

Vyhl. MŽP č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, o oznamování rizikových geofaktorů a o postupu výpočtu zásob výhradních ložisek ve znění pozdějších předpisů

Vyhl. ČBÚ č. 435/1992 Sb., o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 360/1992 Sb. o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě ve znění pozdějších předpisů

8. Použitá a související literatura

Amberg, F.: Monitoring of Tunnels in Urban Areas. ITA-AITES Word Tunnel, Congress Prague 2007

Bernard, R., Mikolášek, T., Rozsypal, A.: Využití informačního systému BARAB při monitoringu ražby tunelů Slivenec. Tunel. č.4, 2007

Dunnicliff, J. and Powerham, A.: Recommendations for Procurement of Geotechnical Instruments and Field Instrumentation Services. Geotechnical Views, 19(3), 30-5, 2001

Hanna, T.H.: Foundation Instrumentation in Geotechnical Engineering, 1988

Rozsypal A., Úskalí monitoringu podzemních staveb, Mezinárodní konference „Geotechnický monitoring“, Bratislava, červen 2009

Rozsypal, A.: Kontrolní sledování a rizika v geotechnice. Nakladatelství JAGA. Bratislava. 2001

Rozsypal, A. a kol.: Projekt ČBÚ 38-05 – Vedení podzemních děl v souvislé městské zástavbě, etapa č. 6. Doporučení pro výběr metod komplexního monitoringu podzemních staveb i ovlivněných objektů, Praha 2005-2007

Rozsypal A., Inženýrské stavby, Řízení rizik, Nakladatelství JAGA, Bratislava 2008

Schubert, W., A. Steindorfer, Selective displacement monitoring during tunnel excavation, Int. Conf. on Tunneling and Underground Space Use. Istanbul 2002

A Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works. The International Tunneling Insurance Group, 2006

The Joint Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works in the UK. The British Tunneling Society, 2003

Guidelines for Tunnelling Risk Management: Tunneling Association, Working Group No.2, ITA-AITES, 2004

Guidelines on monitoring 2010, ITA – AITES, WG – 2, pracovní materiál

Recomendation AFTES: Organisation de l'auscultation des tunnels. N° 149, 1998

Recomendation AFTES: Méthodes d'auscultation des ouvrages souterrains. N° 187, 2005

Recomendation AFTES: Diagnosis Methods for Lined Tunnels. SP-1999

Recomendation AFTES: Settlements Induces by Tunneling. N° 155, 1999

The Austrian Practice of Conventional Tunneling, Austrian Society for Geomechanics, Salzburg 2010

Nabídkové materiály firem: Glotzl, SISGeo, Telemac, Encardio, Soldata, Geokon

9. Použité zkratky

ČBU	Český báňský úřad
DSP	Dokumentace pro stavební povolení stavby
DZS	Dokumentace pro zadání stavby
GS	Geologická dokumentace podle zákona č. 62/1988 Sb. o geologických pracích
GD	Geotechnická dokumentace
GTP	Geotechnický průzkum
ITA-AITES	Mezinárodní tunelářská asociace
KDM	Kontrolní den monitoringu
MD	Ministerstvo dopravy
OP	Obchodní podmínky
PK	Pozemní komunikace
RDS	Realizační dokumentace stavby
TP	Technické podmínky
TKP –D	Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací
VOP	Všeobecné obchodní podmínky
ZOP	Zvláštní obchodní podmínky
ZTKP	Zvláštní technické kvalitativní podmínky staveb
ZTKP – D	Zvláštní technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci stavby pozemní komunikace

TECHNICKÉ PODMÍNKY

Vydalo: **Ministerstvo dopravy**
Odbor pozemních komunikací a územního plánu

Zpracoval : **ARCADIS-Geotechnika a.s.**
Doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.

Tech. redakční rada: **Mgr. V. Mráz (MD-OPK a ÚP), Ing. K. Nechmač (PGP),**
M.Beck (TPA), Ing. M. Birnbaumová (ŘSD,
Ing. J.Sláma, CSc., Ing. O. Hasík (METROPROJEKT),
Ing. V. Herle (ARCADIS), RNDr. V.Köllner,
Ing. J. Stryk (CDV), Ing. J.Vodička (ASPK),

Počet stran : **88**

Distributor: **ARCADIS Geotechnika a.s.**
Geologická č. 4, 152 00 Praha 5