Tunelářské odpoledne 3/2012

Systém a výsledky geotechnického monitoringu při realizaci tunelového komplexu Blanka

Ing. Martin Čermák, INSET s.r.o.

Obsah příspěvku:

1) Rozdělení provádění geotechnického monitoringu v úseku Malovanka – Pelc-Tyrolka.

2) Přehled navržených metodik geotechnického monitoringu.

3) Systém prezentování výsledků monitoringu.

4) Zajímavé výsledky měření:

a) ražba technologického centra TGC4 a strojovny vzduchotechniky na stavbě 0079;

b) izolinie poklesů terénu a objektů na stavbě 0079 (část Letná);

c) izolinie poklesů terénu a objektů na stavbě 9515;

d) deformace severní stěny jámy Myslbekova;

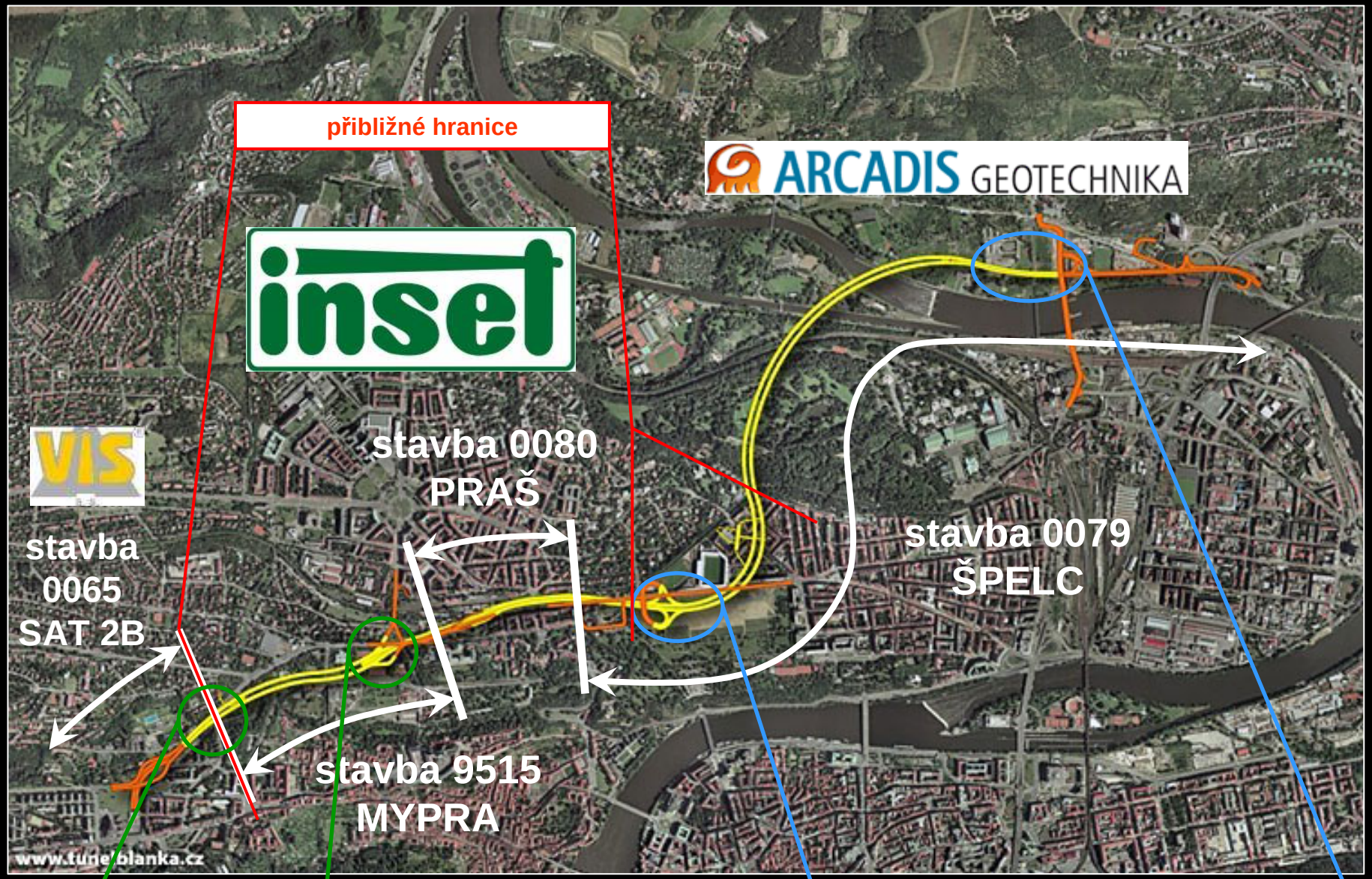
e) dynamické účinky od provádění trhacích prací na stavbě 0079;

f) geologická dokumentace ražby severní tunelové trouby z jámy Prašný most;

g) dynamické účinky od provádění trhacích prací na stavbě 9515
(objekt 019 – Ministerstvo kultury).

5) Zhodnocení monitoringu a věci vyplývající z výsledků monitoringu a průběhu ražeb.

1) Rozdělení geotechnického monitoringu v úseku Malovanka – Pelc-Tyrolka.



2) Přehled navržených metodik monitoringu.

skupina	metodika	stavba			popis
		0079	0080	9515	
01					Lokální geodetická síť
02	01				GDT body na terénu – nivelace
03	01				Deformace zástavby - nivelace
	02				Deformace zástavby – trigonometrie
04	01				Poruchy v zástavbě – sledování poruch, veřejné plochy
	02				Poruchy v zástavbě – pásková měřidla
	03				Poruchy v zástavbě – hrotové DFM
	04				Poruchy v zástavbě – automatické dilatometry
	05				Poruchy v zástavbě – prohlídky v bytech
05	01 - 06				Konvergenční měření – JTT, STT, TP, VZT
	01				Konvergenční měření – kanalizační štola
06	01 - 03				Presiometrická měření – JTT, STT, ostatní objekty
07	01 - 23				Geotech. a geolog. sledování
08	01				Hydrogeologické sledování – vrty
09	01, 02				Bilance vod – Letná, Trója
11	01, 02				Seismické účinky – monitorovací stanice
	01, 02				Seismické účinky – kontrolní měření
	03				Akustické účinky
12	01 - 03				Únosnost svorníků – JTT, STT, ostatní objekty
14					Geofyzikální měření
15					Extenzometrická měření
16	01				Inklinometrická měření – inklinometry
	02				Inklinometrická měření – klouzavé deformetry
17	01 - 03				Namáhání primárního ostění – JTT, STT, ostatní objekty
18	01 - 03				Kontaktní napětí na primáru – JTT, STT, ostatní objekty
19	01 - 03				Deformace sekundárního ostění – JTT, STT, ostatní objekty
19	01				Deformace sekundárního ostění – tunel
	02				Deformace sekundárního ostění – nivelace PS
20	01				Namáhání sekundárního ostění – JTT, STT, ostatní objekty
					Namáhání sekundárního ostění
21	01 - 03				Měření hydrostatického tlaku – JTT, STT, ostatní objekty
22	01				Měření na portálech a stav. jámách – trigonometrie
	02				Měření na portálech a stav. jámách – dynamometry
24	01				Měření na konstrukcích metra – vestibul Hradčanská, nivelace
	02				Měření na konstrukcích metra – větrací šachta Hradčanská, nivel.
	03				Měření na konstrukcích metra – eskalátorový tunel, konvergence
	04				Měření na konstrukcích metra – staniční tunel, konvergence
	05				Měření na konstrukcích metra – traťový tunel, nivelace
25					Měření vlhkosti půdních horizontů
26					Geoelektrická korozní měření

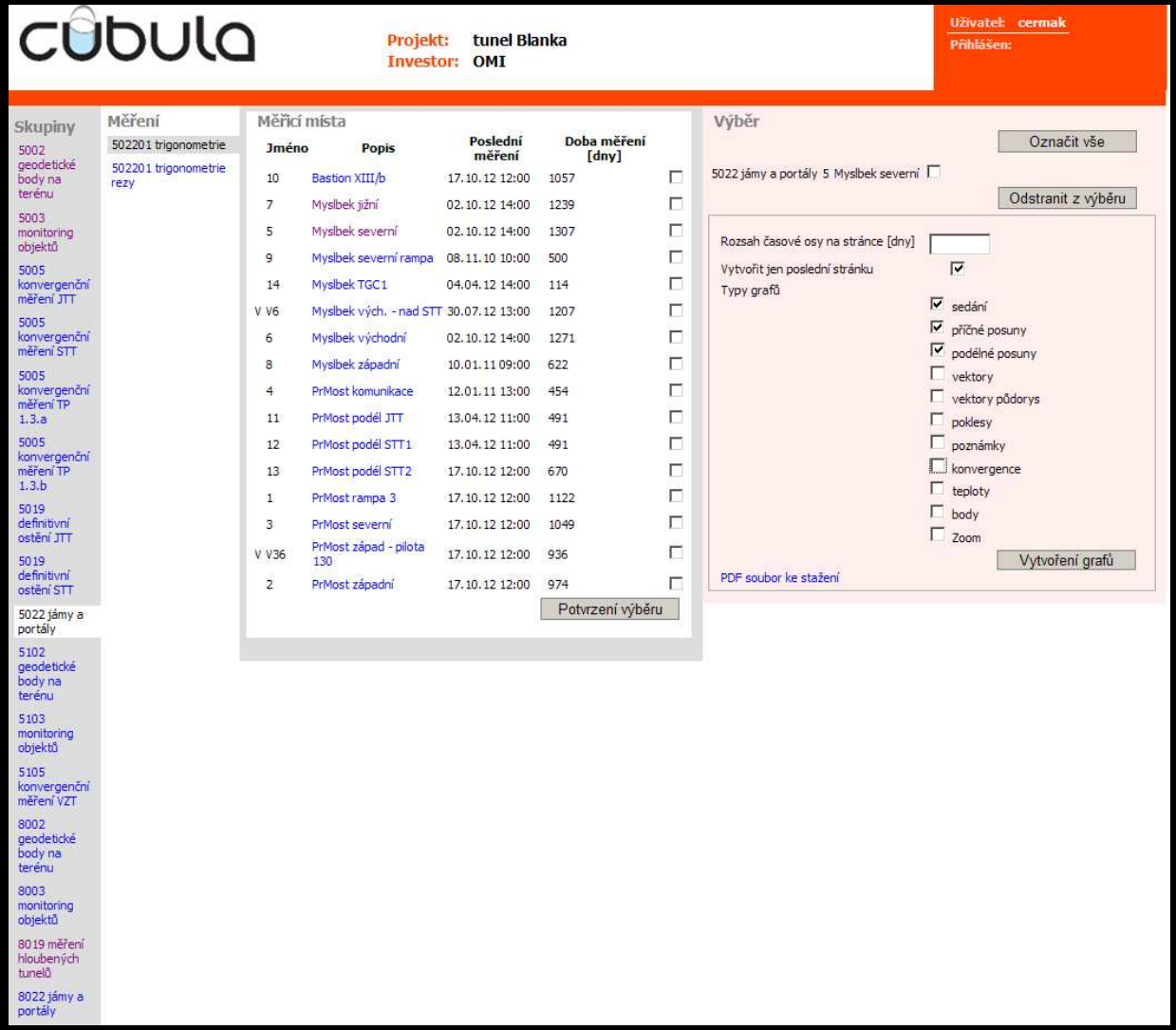
Měření stavěných konstrukcí, dokumentace stavební činnosti:

- ražby a primární ostění
  (geologická dokumentace, měření konvergencí, namáhání primárního ostění, únosnost svorníků, extenzovrty);
- sekundárního ostění
  (konvergence, namáhání sekundárního ostění, měření hydrostatického tlaku, korozní měření);
- měření stavebních jam
  (trigonometrie, dynamometry, inklinometry a klouzavé deformetry).

Měření dotčeného okolí:

- sledování nadzemní zástavby
  (nivelace, prohlídky, měření dynamických od provádění trhacích prací, účinků měření trhlin);
- sledování podzemních objektů
  (měření na konstrukcích metra, v kanalizaci);
- sledování povrchu terénu
  (nivelace);
- různé
  (akustické účinky od provádění trhacích prací, vlhkost půdních horizontů, prašnost, hladina podzemní vody).

3) Systém prezentování výsledků monitoringu.



1) Pro okamžitý přístup vybraných účastníků výstavby k naměřeným hodnotám v rámci monitoringu je provozován on-line **informační systém monitoringu** (ISM). Tento je přístupný přes webové rozhraní.

2) Vzhledem k vývoji monitoringu na stavbě MO Myslbekova – Pelc Tyrolka je stavba rozdělena z pohledu ISM na dvě části. Východní část od Pelc Tyrolky po staničení km 4,648424 JTT s výjimkou tratě ČD v úseku U Vorlíků je zobrazována v ISM **Barab**. Západní část od uvedeného staničení až po hranici mezi stavbou 9515 a 0065 je zpřístupněna v ISM **Cubula**.

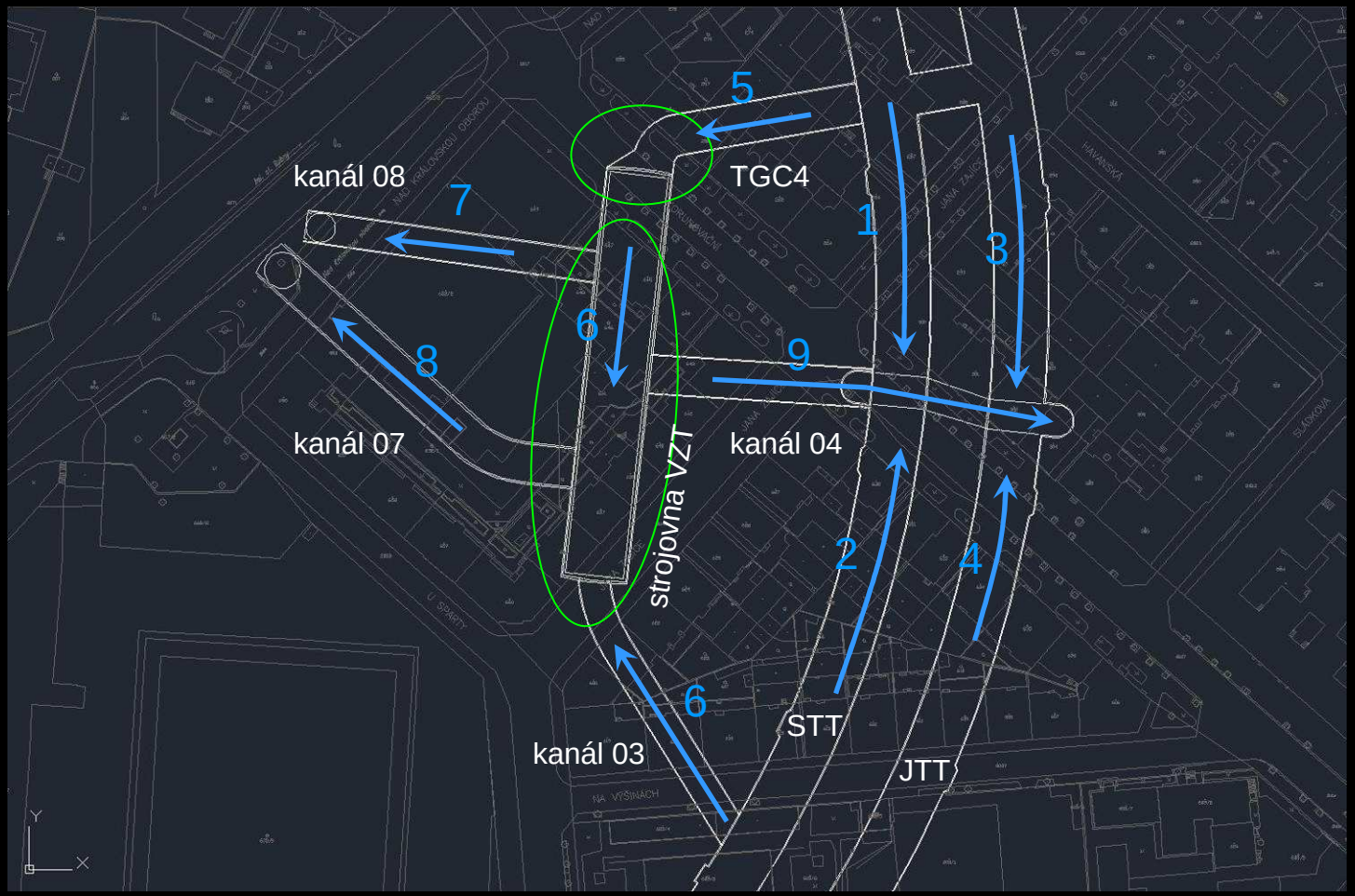
3) Protože byl celý soubor staveb koncipován jednotně, byly metodiky společné pro všechny dílčí stavby. Následně byly pro jednotlivé stavby rozlišeny číselným kódem, ze kterého je patrné, na které stavbě je metodika realizována.

4) Přístup pro jednotlivé osoby účastníků výstavby podléhá schválení správcem stavby.

4a) Ražba technologického centra TGC4 a strojovny VZT na stavbě 0079.

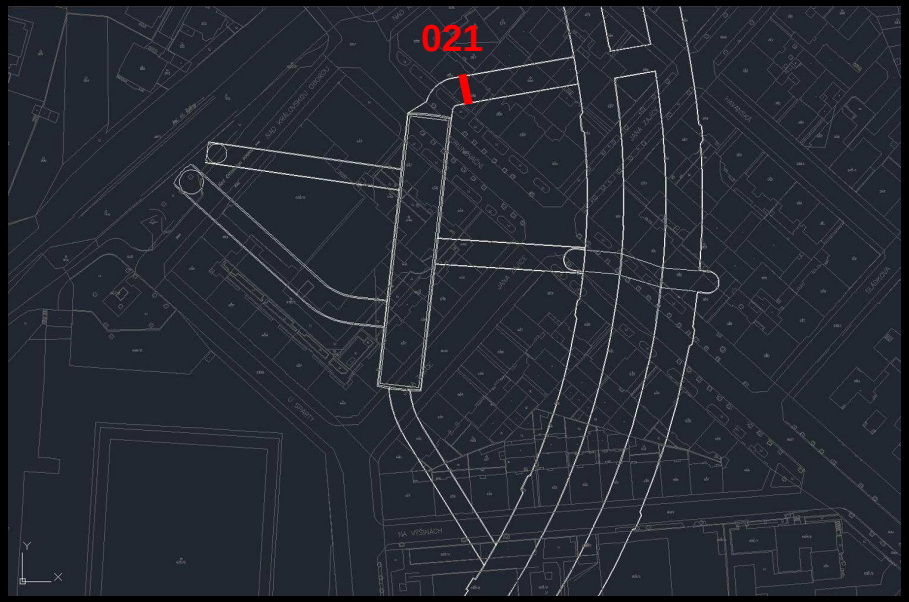
Z hlediska monitoringu poutaly dopředu pozornost vzduchotechnické objekty pod objekty na Letné, a to z důvodu:

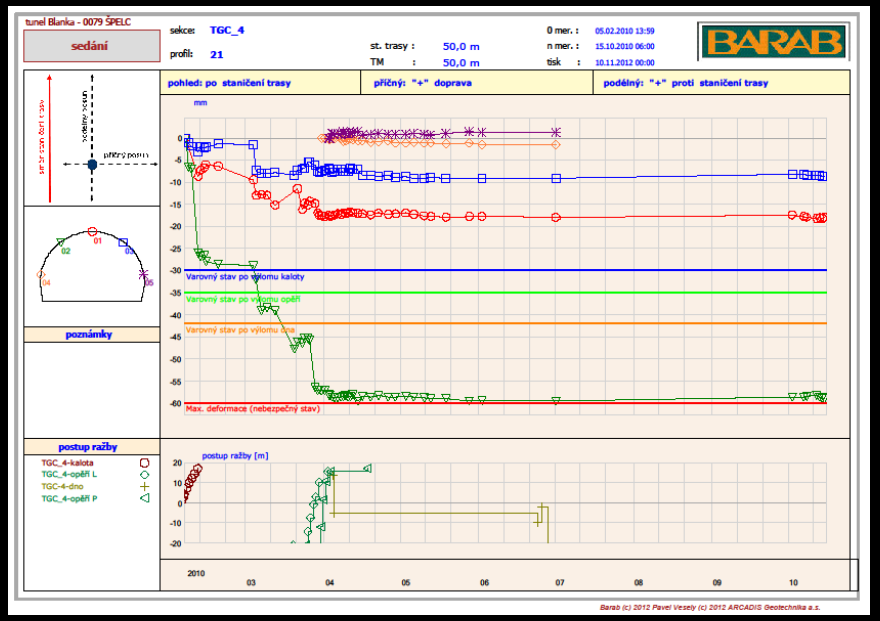
- **velikosti raženého profilu strojovny VZT;**
- **četného oslabování profilu strojovny VZT ražbou vzduchotechnických kanálů;**
- **přítomnosti objektů obytné zástavby nad raženými tunely.**

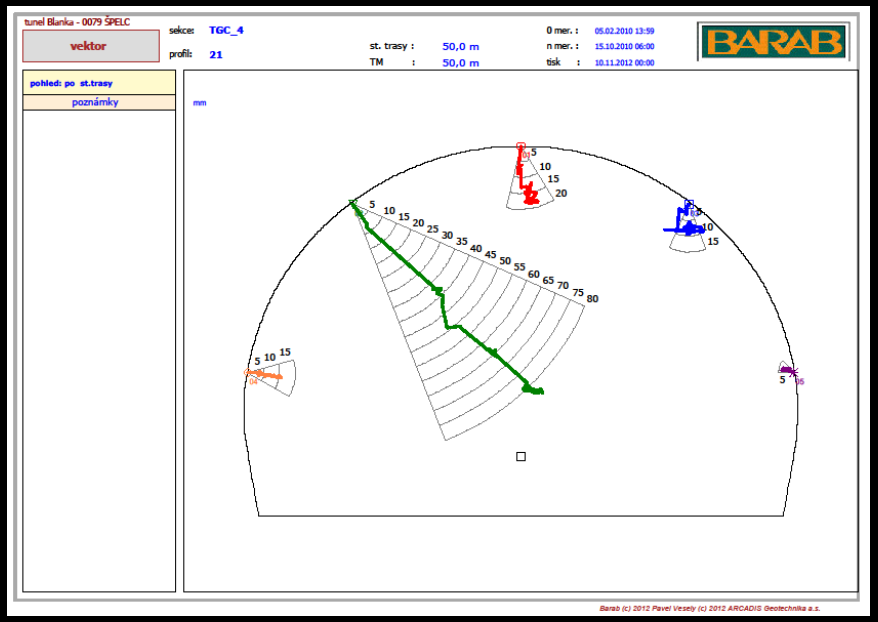


Ing. Martin Čermák, INSET s.r.o.

4a) Ražba technologického centra TGC4 a strojovny VZT na stavbě 0079.

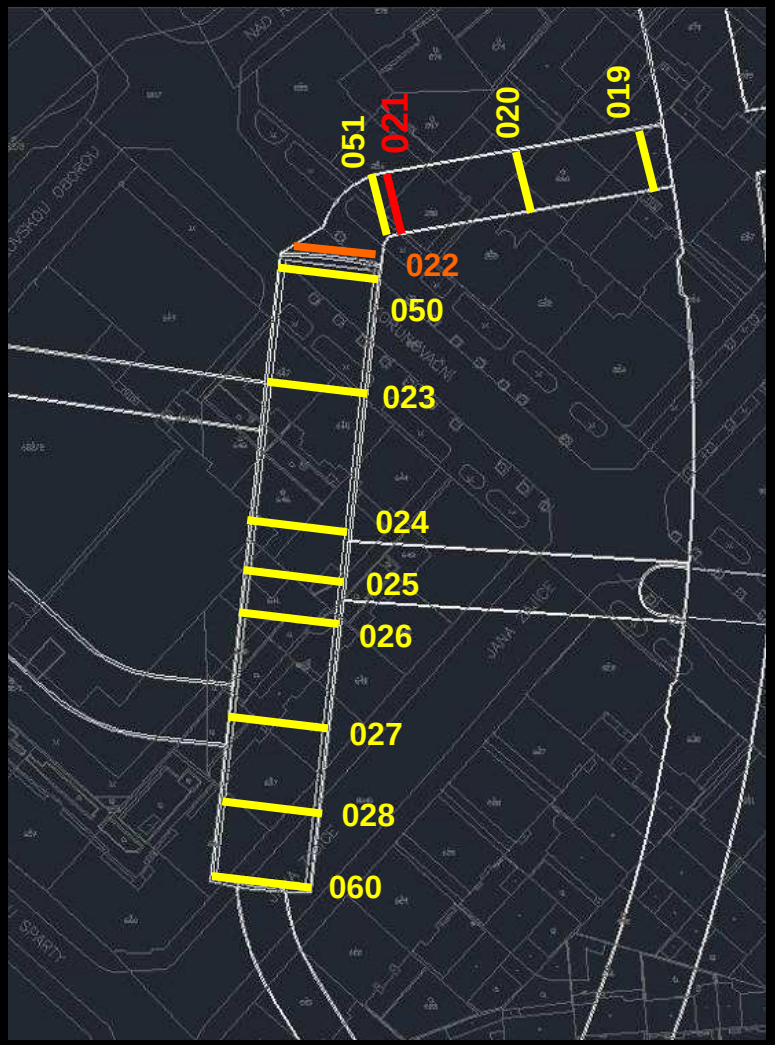






4a) Ražba technologického centra TGC4 a strojovny VZT na stavbě 0079.

Souhrn naměřených deformací na konvergenčních profilech v technologickém centru TGC4 a strojovně VZT.



objekt	KVG profil	staničení Barab [tm]	fáze ražení	nejvyšší deformace [mm]			VS	NS	vyčerpáno [%]	
				sedání	příčný posun	podélný posun			VS	NS
TGC 4	019	5,00	kalota	11,8	4,9	3,7	30	40	39	30
			opěří	14,3	10,6	7,7	35	50	41	29
			uzavírání	16,1	13,2	8,2	42	60	38	27
	020	25,00	kalota	9,1	1,4	2,7	30	40	30	23
			opěří	13,7	11,3	5,9	35	50	39	27
			uzavírání	15,3	11,9	13,3	42	60	36	26
	021	50,00	kalota	56,5	55,3	6,6	30	40	188	141
			opěří	58,9	56,5	8,0	35	50	168	118
			uzavírání	59,6	59,9	26,6	42	60	143	100
	051	54,70	opěří	1,0	3,6	7,1	35	50	20	14
			uzavírání	5,1	9,1	7,7	42	60	22	15
	022	67,50	kalota	35,9	17,5	12,7	30	40	120	90
			opěří	35,9	17,5	12,7	35	50	103	72
			uzavírání	36,8	22,8	32,3	42	60	88	61
strojovna VZD	050	1,40	kalota	24,3	6,7	12,3	35	50	69	49
			opěří	29,5	14,9	19,6	42	60	70	49
			uzavírání	30,3	16,2	25,3	56	80	54	38
	023	24,00	kalota	5,2	3,1	4,1	35	50	15	10
			opěří	9,7	4,0	5,2	42	60	23	16
			uzavírání	18,3	11,4	15,7	56	80	33	23
	024	51,50	kalota	4,5	3,6	3,0	35	50	13	9
			opěří	14,5	6,6	2,5	42	60	35	24
			uzavírání	22,6	15,5	20,3	56	80	40	28
	025	60,80	kalota	5,5	5,4	4,8	35	50	16	11
			opěří	11,4	10,8	6,8	42	60	27	19
			uzavírání	15,2	14,5	9,1	56	80	27	19
	026	68,20	kalota	6,3	2,1	1,7	35	50	18	13
			opěří	8,5	2,6	7,4	42	60	20	14
			uzavírání	16,8	13,4	16,7	56	80	30	21
	027	88,80	kalota	3,6	3,2	6,0	35	50	17	12
			opěří	5,5	6,1	9,9	42	60	24	17
			uzavírání	18,3	15,6	14,7	56	80	33	23
	028	105,45	kalota	4,9	2,8	4,5	35	50	14	10
			opěří	5,1	4,0	9,6	42	60	23	16
			uzavírání	15,2	14,4	25,4	56	80	45	32
	060	120,00	uzavírání	6,2	6,1	7,9	56	80	14	10

4a) Ražba technologického centra TGC4 a strojovny VZT na stavbě 0079.

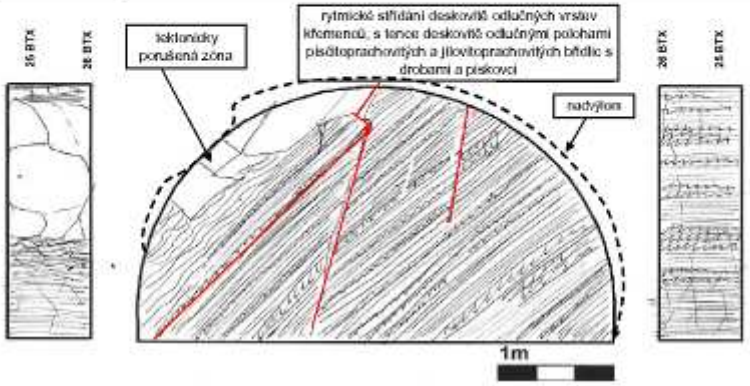
Ražba probíhala v ordovických horninách.

Stavba č.0079 Špejchar – Pelc Tyrolka
TUNELY BLANKA

Geotechnické a geologické sledování výrubů - Tunely Blanka

Čelba číslo	Datum	Hodina	Měřítko	Dokumentoval	Tunel. Metr (m)	Staničení [km]
90.07.TGC 4.26	3.2.2010	22:30	1:100	M.Plšková	51.47	5.527 171

Úsek čelby: Ražba TGC 4 (raženo z STT)



Popis horninového masivu (ČSN 72 1001)

Střídání poloh **šedočerných pískitoprachovitých břidlic** (prachovce), **šedočerných jílovitoprachovitých břidlic**, zdravých až navětralých **W1-2**, třídy **R3-4**, deskovitě až lavice deskovitě odlučných, hustota diskontinuit střední až velká **D3-D4**, s polohami jemnozrnných **křemenců až křemenných pískovců**, šedé až šedočerné barvy, zdravých **W1**, třídy **R1-R2**. Flyšový vývoj.
LETENSKÉ SOUVRSTVÍ - ORDOVIK

Plochy mechanické nespojitosti	1. systém (hlavní)	2. systém	3. systém	Tektonické poruchy	Poruchové pásmo s výplní o šířce X m
Orientace spádnice v °	150-160/45-50	0-40/30-80	240-320/40-70	90/60-70	
Výměr.rozteč (mm)	50-200	100-200	200-600	200-400	
Přilehlost	přilehlé	částečně přilehlé	částečně přilehlé	část. přilehlé	
Tvar, drsnost	rovné	rovné i zvlněné	rovné	rovné	
Rozevření/šířka (mm)	-	-	-		
Výplň	-	místy karbonát	-		
Voda inicální (cca v l/s/m)	čelba suchá				
Počet systémů diskontinuit	3 - 4	Rozlučnost	deskovitě		
Mocnost tvárlých hmot kalotou	30 m (26 m)	Stabilita výrubu	dočasně stabilní		
Počet bodů QTS	45 - 50	Délka záběru (m)	2.25		
Tech. třída NRTH (TT)	3	Nadvýlom (cm)	30 x 1200 x 225		

Prognóza, doporučení: Záběr ve třídě 3 NRTH.
Prognóza: 3m předstihová geologie. Vzhledem k postupu porušené zóny zleva doprava k ose kaloty doporučujeme zkrátit záběr do cca 2m a provádět stabilizační nástřik kaloty a levého přístropí dále dle potřeby.

Způsob rozpojování horniny: trhací práce + strojní rozpojování

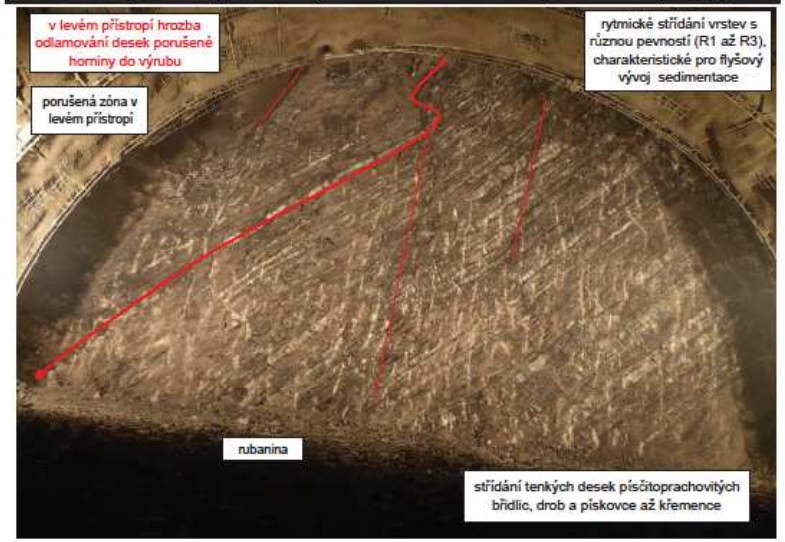
Poznámky: Hrozba vzniku nadvýlomů.Vlevo se postupně rozšiřuje porucha, která dalším záběrem zasáhne osu kaloty. Je potřeba dbát zvýšené opatrnosti při práci na čelbě

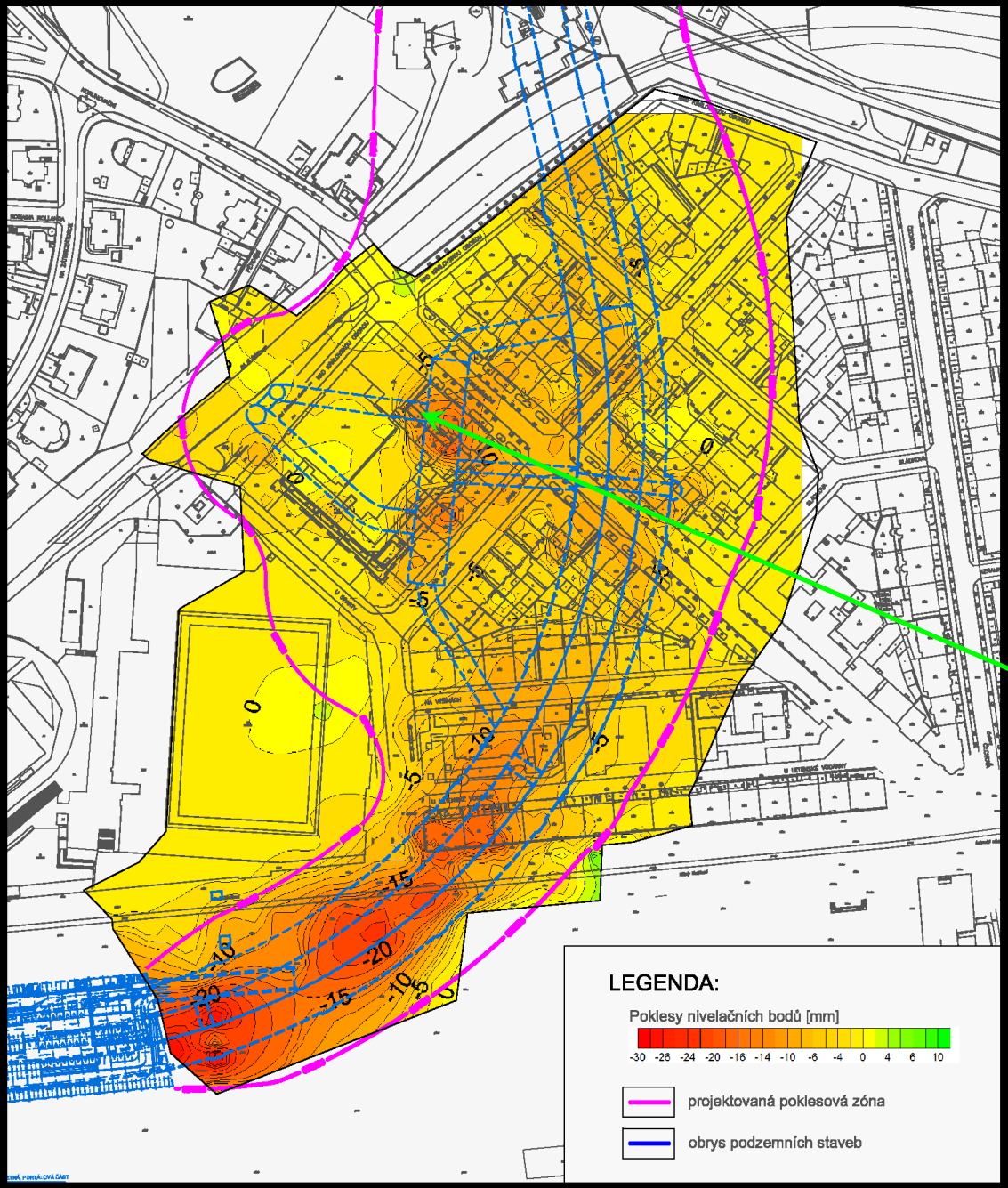
Čelbu předal: (za INSET s.r.o.) Dr.M.Plšková

Čelbu převzal:

FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE

Čelba číslo	Datum	Hodina	Fotografoval	Tunel. metr od portálu (m)	Staničení [km]
90.07.TGC 4.26	3.2.2010	22:30	M.Plšková	51.47	5.527 171





4b) Izolinie poklesů terénu a objektů na stavbě 0079 (Letná).

Vyhodnoceno sedání z:

- 176 nivelačních bodů na terénu;
- 720 nivelačních bodů na objektech.

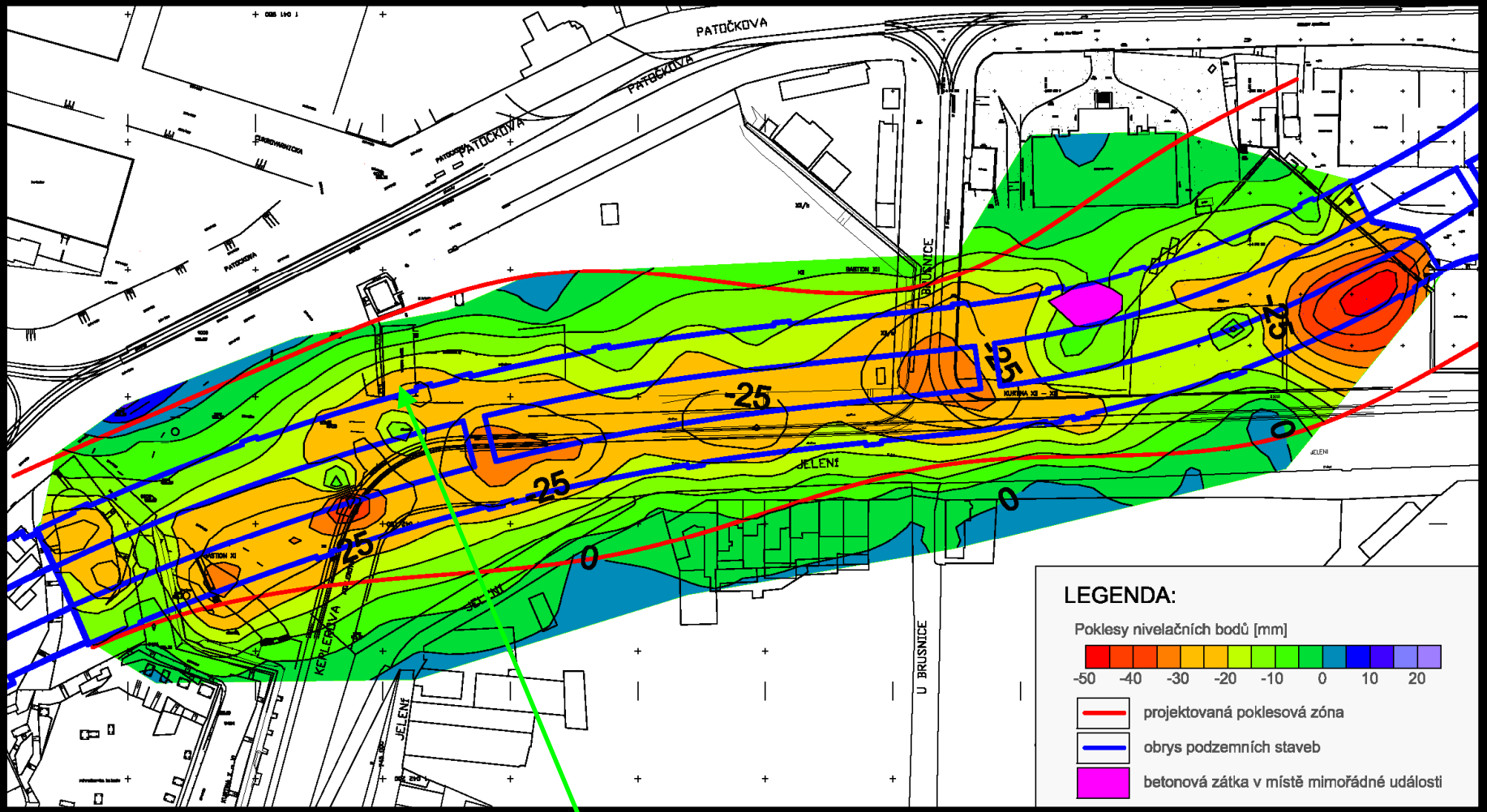
Maximální hodnoty sedání:

- poklesy na terénu do 32 mm v oblasti mezi jámou Letná a objekty Molochov (varovný stav 42 mm);
- poklesy na objektech do 22 mm - objekt 060 (varovný stav 40 mm).

Očekávané a potvrzené skutečnosti:

- v místech nižšího nadloží jsou poklesy větší;
- nad některými místy oslabovaných profilů tunelů byly naměřeny vyšší hodnoty sedání než nad běžnými úseky tunelů;
- poklesová zóna nebyla větší než projektovaná.

4c) Izolinie poklesů terénu a objektů na stavbě 9515.



Vyhodnoceno sedání z:

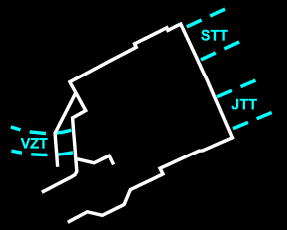
- 146 nivelačních bodů na terénu;
- 54 nivelačních bodů na objektech.

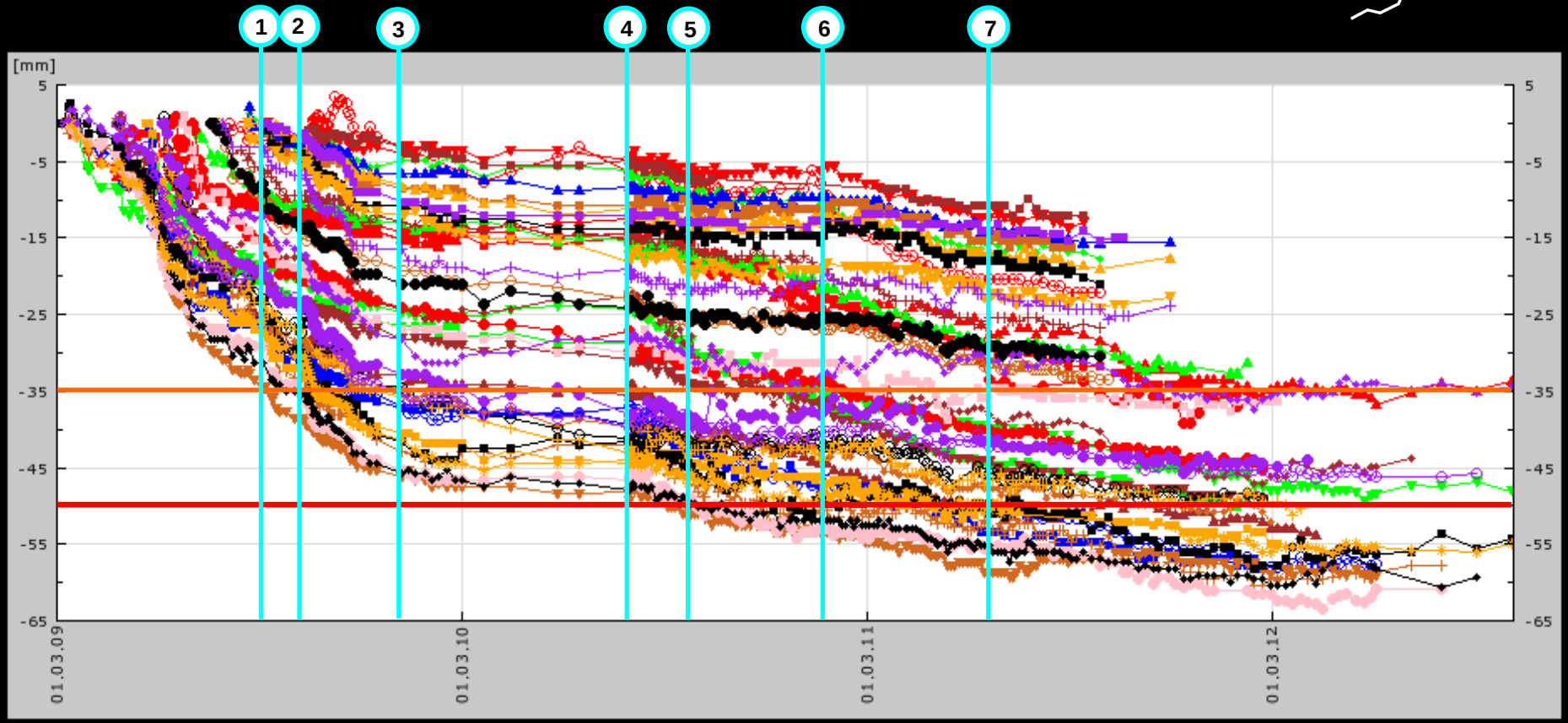
Maximální hodnoty sedání:

- na terénu cca 50 mm nad JTT u portálu Prašný most (varovný stav 42 mm, nebezpečný 60 mm);
- na objektech do 30 mm - objekt autoškoly (varovný stav 60 mm).

4d) Deformace severní stěny jámy Myslbekova.

Průběh vývoje deformací směrem do jámy Myslbekova v závislosti na stavební činnosti:



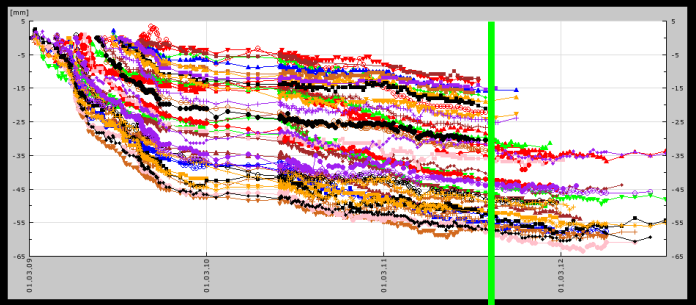


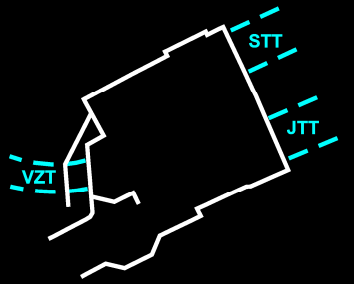
varovný stav 35 mm

havarijní stav 50 mm

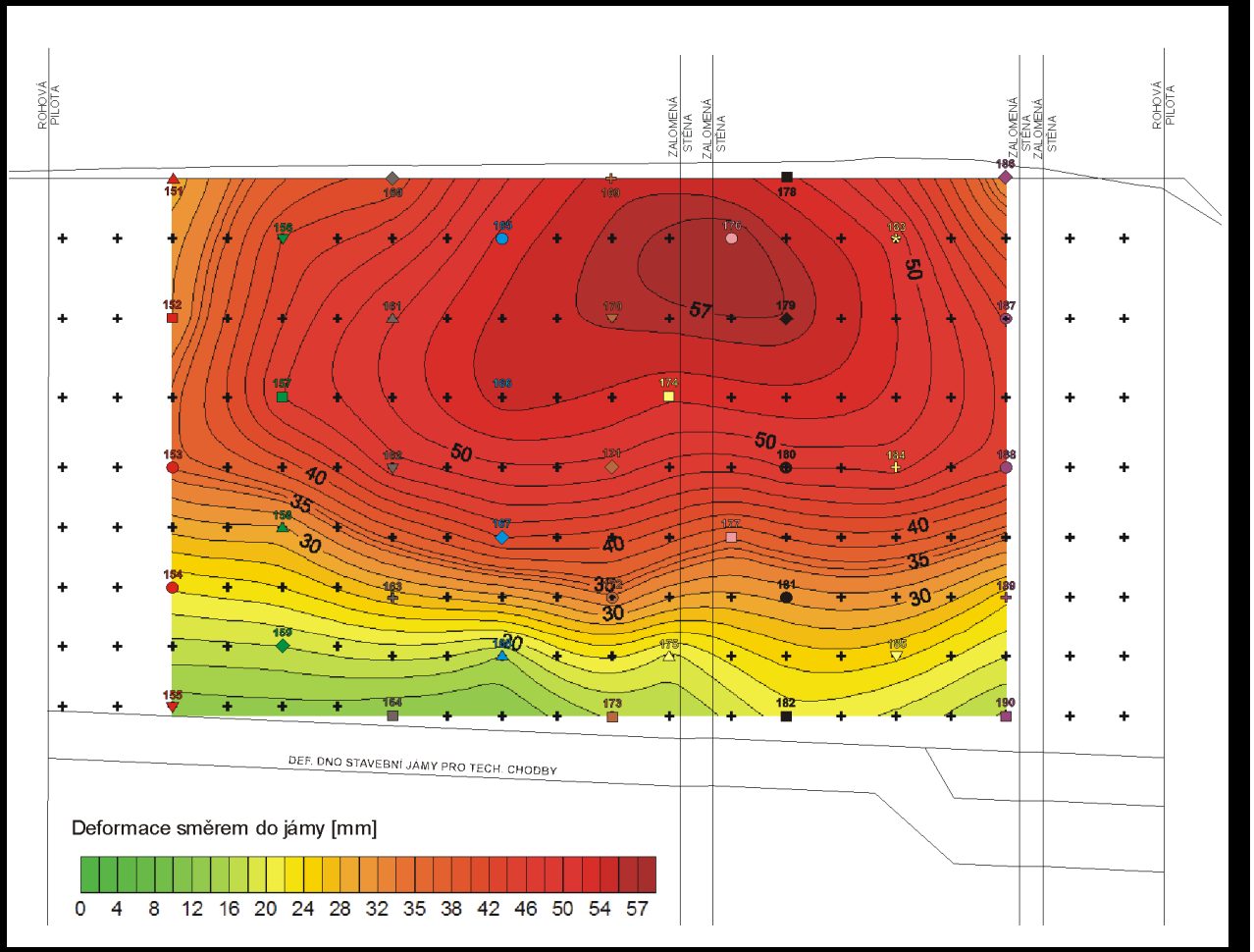
1. konec hloubení stavební jámy;
2. zahájení ražby STT;
3. zahájení ražby JTT;
4. přerušení kotvy K80e;
5. zahájení ražby VZT kanálu;
6. zahájení bourání západní stěny;
7. zahájení výstavby TGC1 v jámě.

4d) Deformace severní stěny jámy Myslbekova.





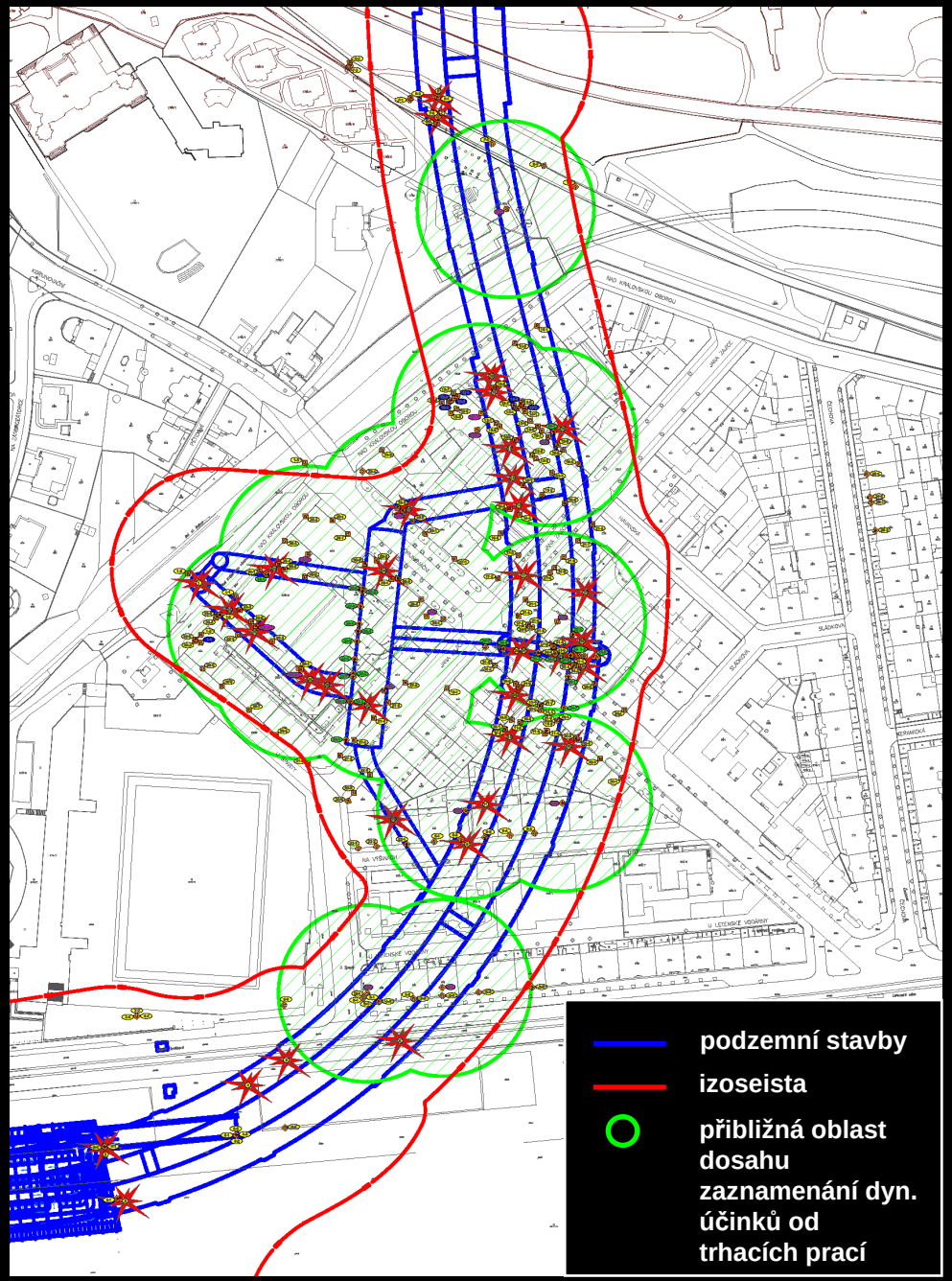
Izolinie deformací severní stěny jámy Myslbekova směrem do jámy k 09/2011.



varovný stav 35 mm

havarijní stav 50 mm

Ing. Martin Čermák, INSET s.r.o.



4e) Dynamické účinky od provádění trhacích prací na stavbě 0079.

Kontrolní měření dynamických účinků od provádění trhacích prací a průběžný monitoring byly prováděny od 15.6.2009 do 31.1.2011.

Kontrolní měření:

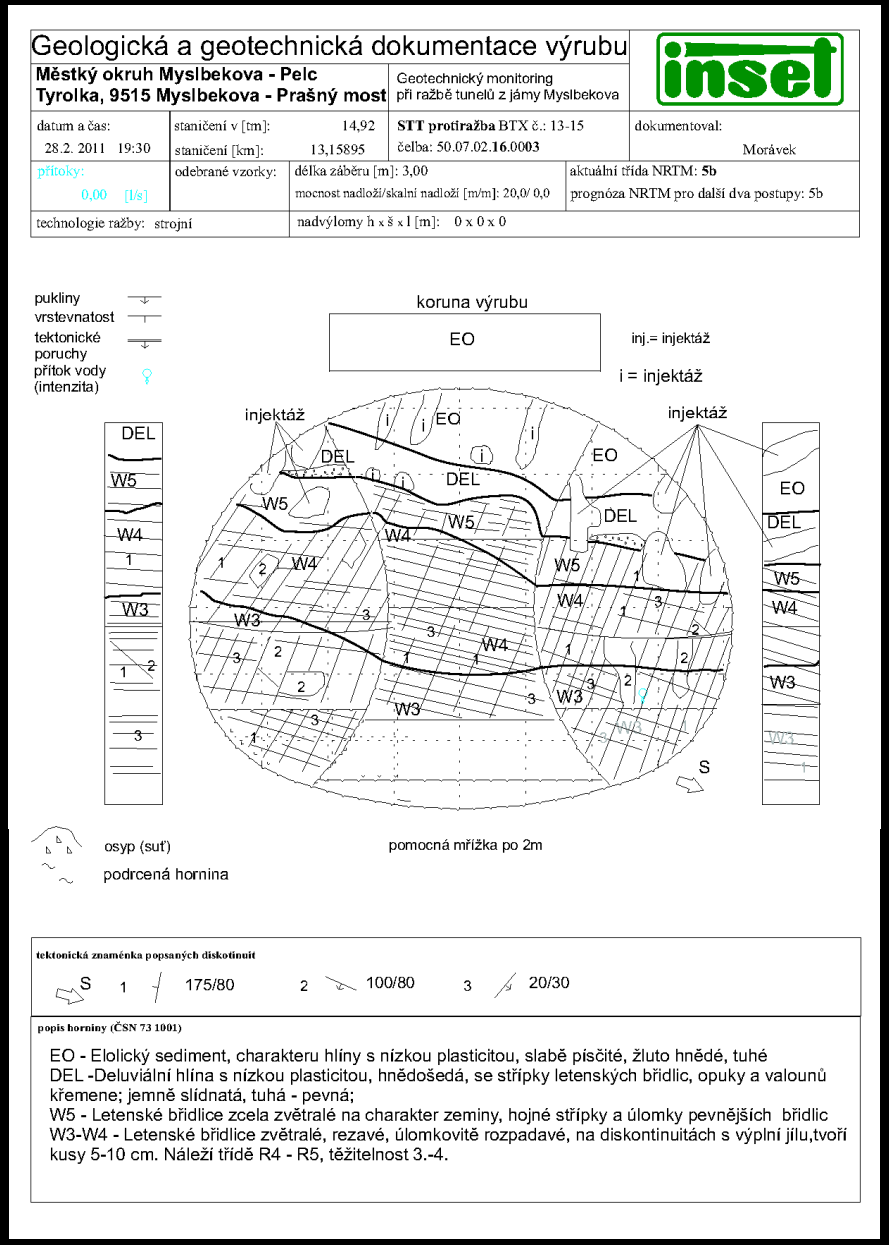
- 35 kontrolních měření od ražeb severní a jižní tunelové trouby a vzduchotechnických objektů;
- nejvyšší hodnoty vůči varovným / nebezpečným stavům bylo dosaženo na objektu 020, a to rychlosti kmitání 13,0 mm/s při předpokládané hodnotě 15,0 mm/s.

Průběžný (automatický) monitoring:

- zasílání dosažených hodnot rychlosti kmitání formou SMS z monitorovacích stanic;
- 12 monitorovacích stanic;
- zaznamenáno 6 697 záznamů;
- nejvyšší hodnota byla zaznamenána na objektu 004 a to 9,8 mm/s (nebezpečný stav 10,0 mm/s).

Ing. Martin Čermák, INSET s.r.o.

4f) Geologická dokumentace ražby severní tunelové trouby z jámy Prašný most.



Při zahájení ražeb na tunelech MYPRA nebylo počítáno s ražbou z jámy Prašný most.

Specifika ražby:

- vertikální členění ražby;
- sedimenty zasahovaly do profilu čelby.

Specifika geologické dokumentace:

- skreslování jednotlivých postupů do jednoho řezu (z důvodu různé délky postupu jednotlivých částí členěného výrubů byla prováděna interpretace mezilehlých dokumentací);
- zakreslování v DWG formátu;
- přebírání výsledků dokumentace z opačného směru ražby (zrcadlení zakreslených čeleb).

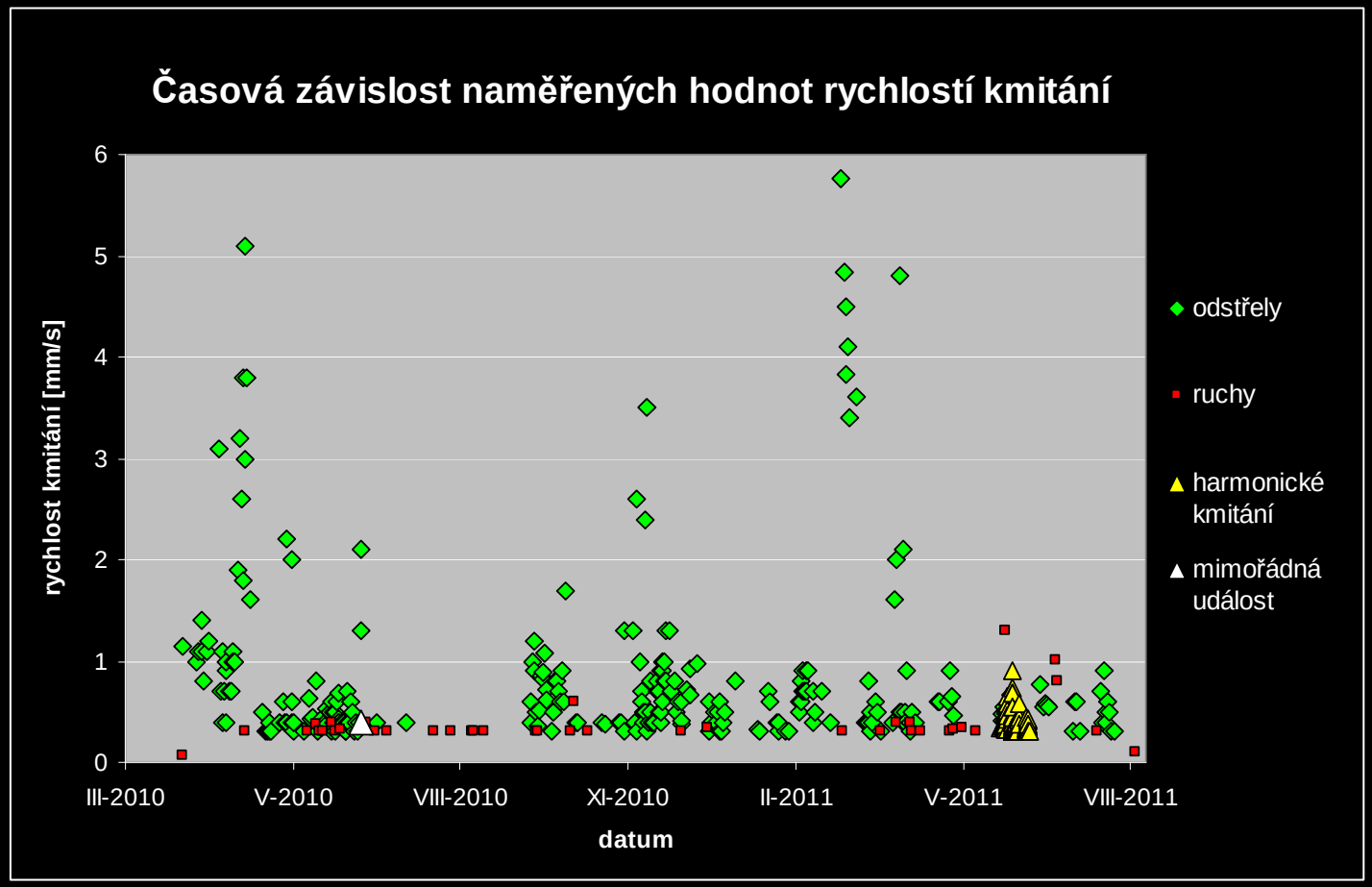
Nejprve byl dokumentován pravý opěrový tunel (z pohledu zastižené geologie horší) – z toho vyplynulo zatřídění a zajištění pro celý profil.

4g) Dynamické účinky od provádění trhacích prací na stavbě 9515 (objekt 019 – Ministerstvo kultury).

1) Monitorovací stanice na měření dynamických účinků od trhacích prací byla nasazena od 31.3.2010.

2) Spouštěcí podmínky pro ukládání záznamů byly stanoveny rychlostí kmitání 0,3 mm/s.

3) V průběhu chodu monitorovací stanice byly zaznamenávány odstřely, ruchy (provoz v místnosti, zásahy obsluhy aj.), účinky harmonického kmitání při obnově parkoviště a dynamické účinky na objekt při mimořádné události:

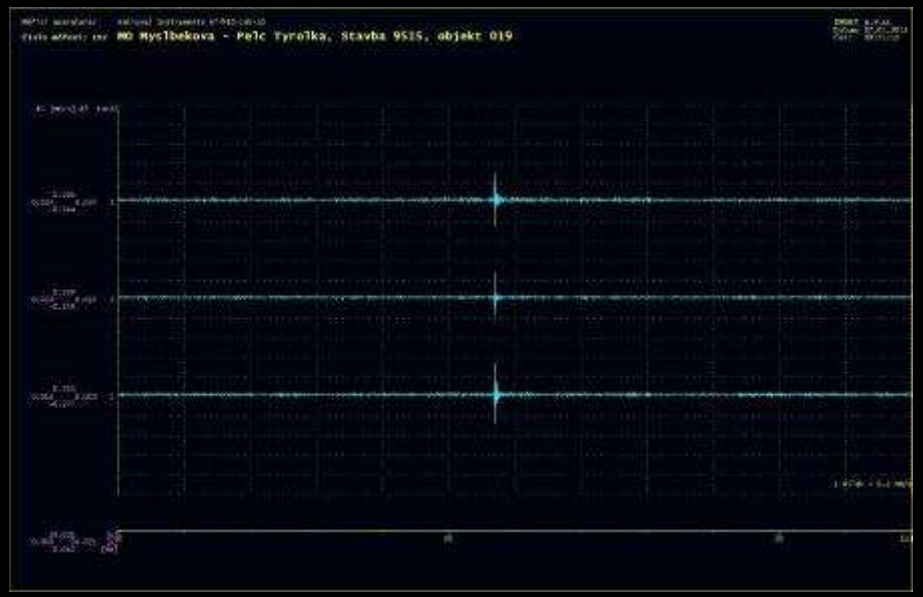


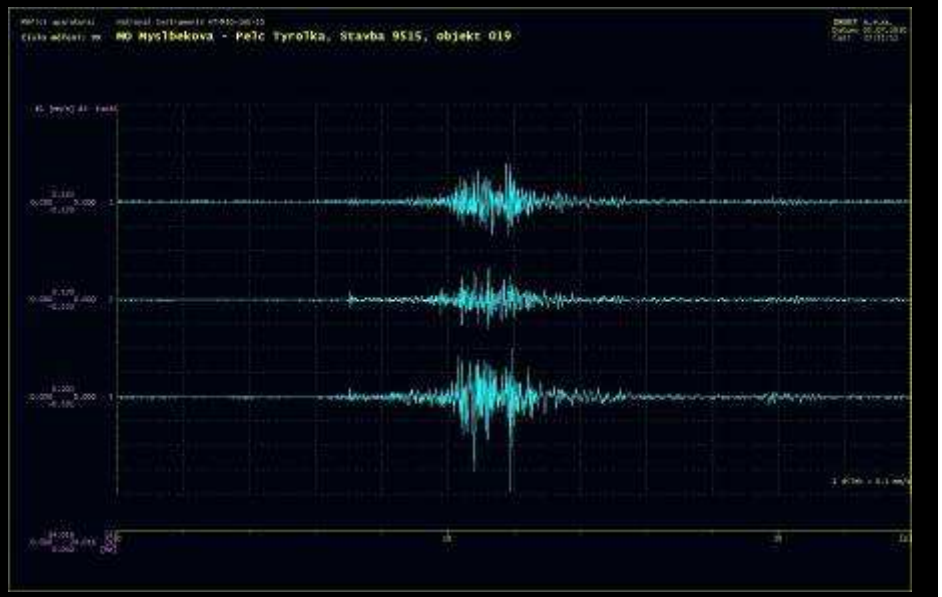
- nejvyšší rychlost kmitání ze záznamů účinků odstřelů byla 5,8 mm/s (předpokládaný stav byl stanoven hodnotou 10 mm/s)

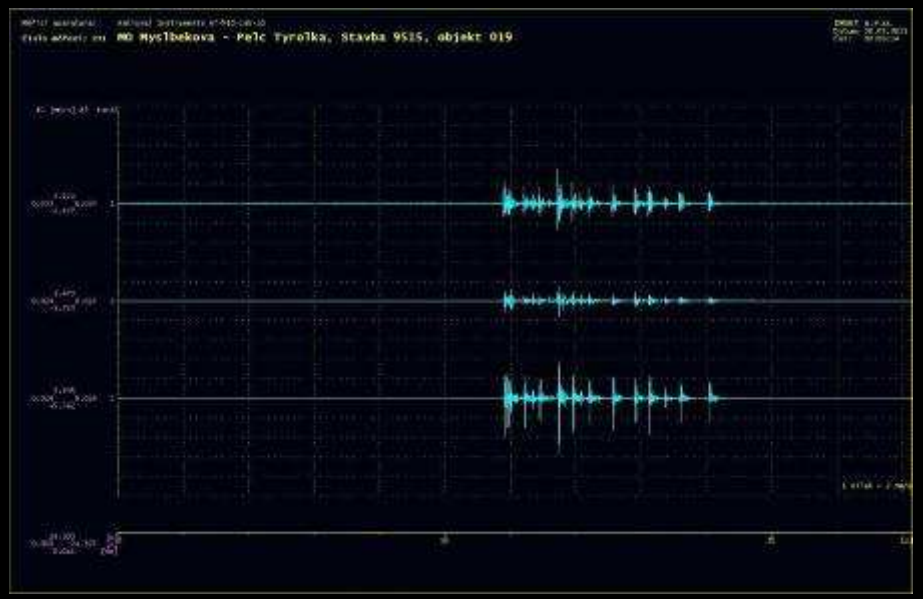
- nejvyšší prost. efektivní rychlost kmitání pro harmonické kmitání byla 0,74 mm/s (pro objekt třídy odolnosti C a třídu významnosti I není zapotřebí takovou hodnotu dle tab. 8 ČSN 73 0040 dále analyzovat).

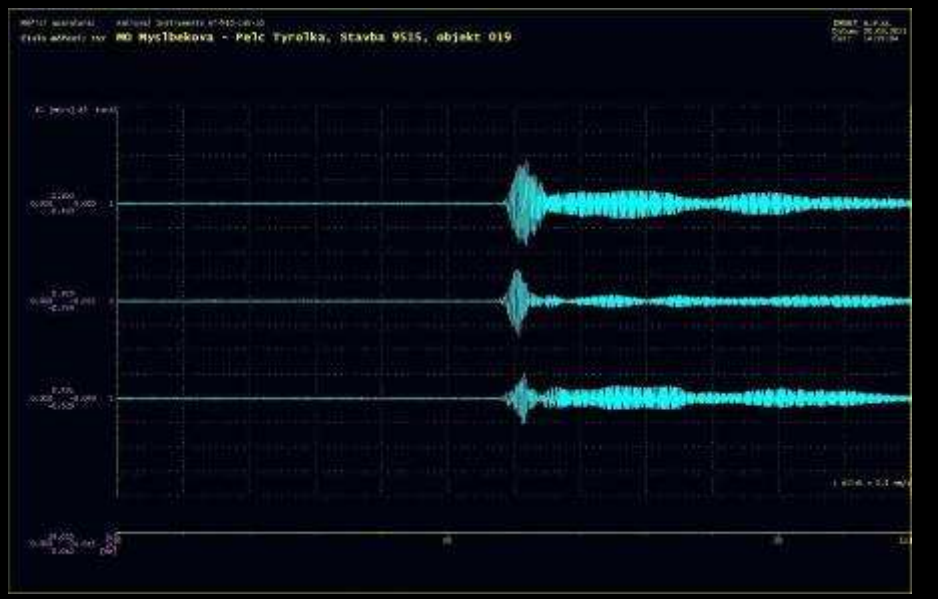
4g) Dynamické účinky od provádění trhacích prací na stavbě 9515 (objekt 019 – Ministerstvo kultury).

harmonické kmitání ruch
mimořádná událost odstřel







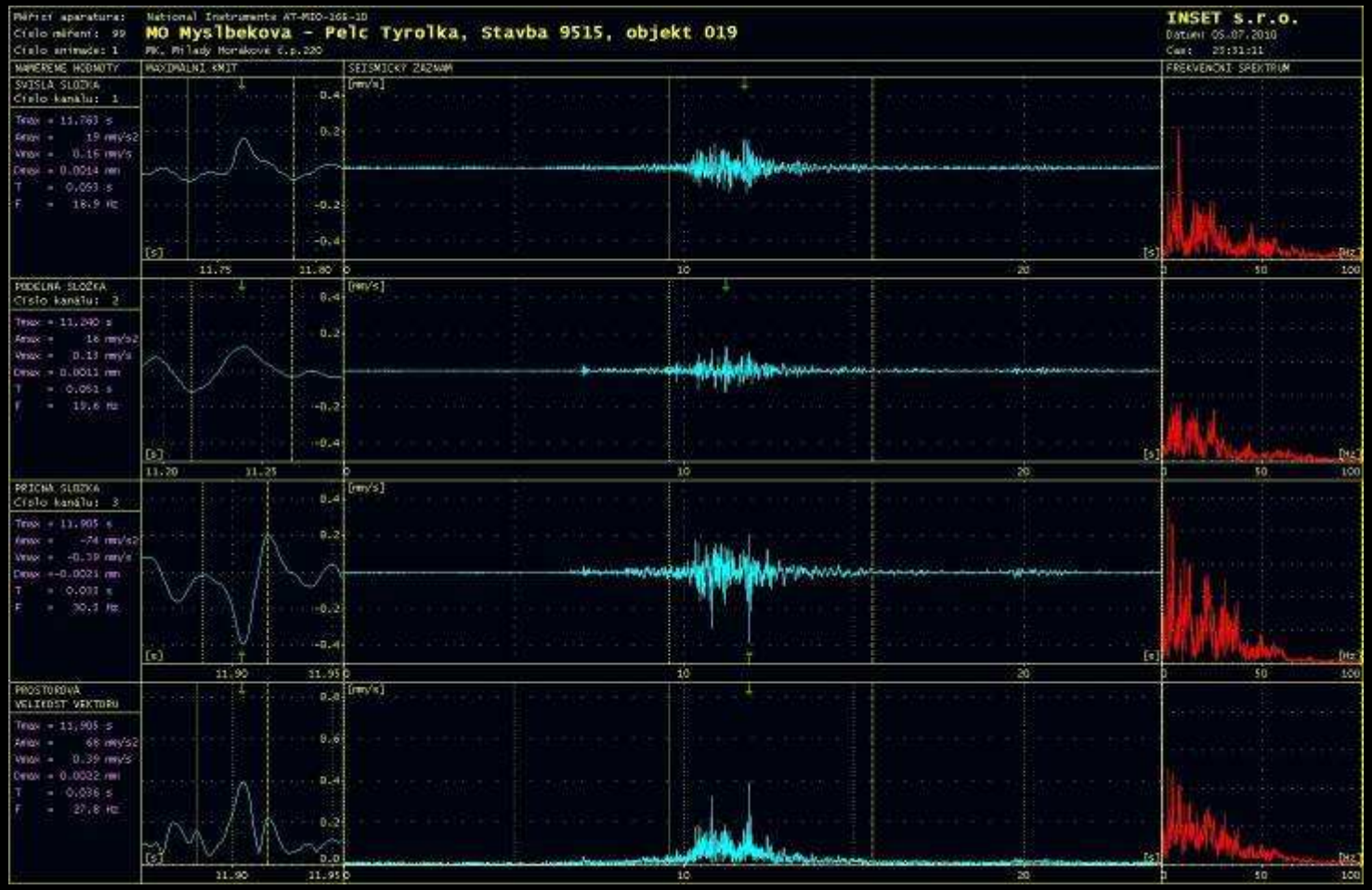


4g) Dynamické účinky od provádění trhacích prací na stavbě 9515 (objekt 019 – Ministerstvo kultury).

1) Podle času na monitorovací stanici a času příchodu SMS zprávy se mimořádná událost stala dne 5.7.2010 ve 23:30.

2) Vzdálenost snímače od místa mimořádné události byla cca 40 m.

3) Celý záznam dynamického děje je dlouhý cca 6 s a bylo dosaženo hodnoty rychlosti kmitání 0,391 mm/s



5) Zhodnocení monitoringu a věci vyplývající z výsledků monitoringu a průběhu ražeb.

Zhodnocení monitoringu:

1) V průběhu ražby v souladu s principy observační metody bylo průběžně reagováno na naměřené hodnoty (přijímána opatření).

2) Geotechnický monitoring různými metodami měření kvantifikoval vliv ražby na okolí.

Věci vyplývající z výsledků monitoringu a průběhu ražeb:

1) Správně navržený a provedený geologický a hydrogeologický průzkum dává možnost připravit se patřičně na možná rizika vyplývající z ražeb podzemních staveb.

2) Z relativně pomalu vyvíjejících se výsledků geotechnického monitoringu (rozvoje deformací) lze průběžně reagovat na jejich vývoj a ovlivňovat je – lze předejít neřízenému rozvoji deformací.

3) Z měření, která probíhají v minimálním intervalu 6 hodin nelze postihnout náhlý (natož skokový) vývoj deformací.

4) Možným způsobem jak postihnout rychle se vyvíjející vývoje deformací je **nasazení automatického systému monitoringu** s automatickým vyhodnocováním dosažených hodnot deformací a nepříznivých trendů.

5) Ani automatickým monitoringem nelze postihnout náhlou ztrátu celkové stability a akutní nebezpečí vzniku mimořádné situace.

Děkuji za pozornost