

Ing. Martin Vrubeř, Severočeské doly, a.s., Doly Nástup Tušimice

## Monitorování nestabilních oblastí DNT - nasazení automatizovaného monitorovacího informačního systému pro měření a vyhodnocování posuvů

### Monitoring der unstabilen Gebiete von DNT - Einsatz eines automatisierten Monitorings-informationssystemes zur Messung und Auswertung der Vorschubbewegungen

Die Böschungstandfestigkeit gehört zu den wesentlichen Merkmalen, die die Sicherheitsverhältnisse der Kohleförderung und in der nicht letzten Reihe auch wirtschaftliche Ergebnisse des Tagebaues und der Kohlengesellschaft beeinflussen. Deshalb ist sehr wichtig die Angaben über die Stabilitätsverhältnisse ständig zu erfassen, diese auszuwerten und anschließend die Maßnahmen gegen das Entstehen von Havarien sowie zur Standfestigkeitsicherung zu realisieren.

Eine der grundlegenden Methoden der Beobachtung von Standfestigkeitsverhältnisse, die in Tagebauen der Kohlengesellschaft Chomutov, AG, Betrieb Tagebaue Nástup Tušimice angewendet wird, ist außer der genauen Inklinometrie und Messung von Porendrücken, die geometrische Beobachtung der Vorschubbewegungen.

Diese Methode wurde breit schon in der Vergangenheit angewendet, seit dem Dezember des vorigen Jahres befindet sich im Einsatz eine wirkliche technische Neueigigkeit "Automatisierte Monitoringsstation für Messung und Auswertung von Böschungsbewegungen". Das Herz dieser Station bildet eine spitzenelektrooptische Totalstation zur Messung der Lage von Kontrollpunkten TCA 1800 von der schweizerischen Firma Leica. Die Station ist völlig motorisiert und automatisiert, so daß wiederholte Messungen ohne Anwesenheit einer Arbeitskraft durchgeführt werden können.

In Tagebauen Doly Nástup Tušimice ist die Böschung des Tagebaues Merkur kontinuierlich von 24 Stunden beobachtet. Die Angaben über den Böschungszustand werden von der Station zum Leitstand übertragen, wo ein ganztägiger Dienst

gehalten wird. Im Falle nur geringsten Signale über eine Böschungsunstabilität erhält der Dispscher die richtige und rechtzeitige Information um einen Hinweis für Realisierung entsprechender Maßnahmen zur Vermeidung eines Unfalles und seines Einflusses auf die Umgebung zu erlassen.

### Monitoring of instabile areas of DNT - putting on of the automatized monitoring information system for measurement and evaluation of shifts

The slope stability is one of main factors influencing the safety ratios at raw material excavation and not last also the economical results of the mine and company. Therefore it is very important to secure the information about stability ratios, to evaluate this information further and then to realize the precautions for preventing from crash situations and stability securing.

One of basic methods of stability ratio observing utilized at opencast mines of the North-Bohemian mines, j.s.c., Mines Nástup Tušimice, is besides the precise inclinometry and measurement of porous pressure the survey observing of shifts.

This method was very used also in the last time, since December last year it has been put on the real technical novelty "automated monitoring station for measurement and evaluation of slope shifts". The core of monitoring station is the top electro-optical total station for measurement of the position of check points TCA 1800 of Swiss firm Leica. The station is fully motorized and automated so that the repeated measurement is executed without the presence of man.

At Mines Nástup Tušimice the slope of the opencast mine Merkur is observed permanently 24 hours daily. The information about the slope is transmitted to the plant dispatching from the station, where it is the whole-day service. In case also of small signs of slope instability the dispatcher is so informed and can give the instruction

for realization of relevant precautions for preventing from accidents and influence to the vicinity.

The North-Bohemian Mines, j.s.c., Chomutov want to prove that they do everything needed for the securement of slope stability and so also of opencast mine vicinity.

Мониторинг неустойчивых областей буроугольных разрезов "Наступ" Тушимице - внедрение автоматизированной информационной системы слежения для измерения и оценки сдвигов

Устойчивость откосов является одним из коренных факторов оказывающих влияние на условия безопасности в течение добычи сырья и - не в последнюю очередь - также на экономические результаты разреза и горнодобывающей компании. Поэтому является очень важным обеспечивать информацию об условиях устойчивости, проводить оценку этих данных и потом осуществлять мероприятия по предотвращению аварийных ситуаций и по обеспечению устойчивости.

Одним из основных методов слежения за условиями устойчивости, используемых на буроугольных разрезах "Наступ" Тушимице компании Северочешские шахты, а/о, является кроме высокоточной инклинометрии и измерения пористых давлений маркшейдерское исследование сдвигов.

Данный метод находил широкое применение и в прошлом, однако с декабря 1997 г. была внедрена настоящая техническая новинка - "автоматизированная система мониторинга для измерения и оценки сдвижений вскрышных откосов". Сердцем станции мониторинга является электрооптический тотальный пункт измерения местоположения точек TCA 1800 швейцарской фирмы LEICA. Станция полностью моторизована и автоматизирована, поэтому повторные измерения осуществляются без присутствия персонала.

На разрезе "Наступ" Тушимице

подвергается уступ разреза "Меркур" круглосуточному бесперебойному следению. Информация о поведении откоса переносится из станции в диспетчерский пункт предприятия с круглосуточной службой. Значит, в случае даже небольших предзнаменований неустойчивости сразу информирован диспетчер, который может выдать инструкцию по осуществлению соответствующих мер, чтобы воспрепятствовать возникновению аварий и их влияния на окрестность. Северочешские шахты, а/о г. Хомутов хотят доказать, что способны осуществить все требуемые меры по обеспечению устойчивости откосов своих разрезов - то-есть и их ближайших окрестностей.

Monitorování nestabilních oblastí DNT - nasazení automatizovaného monitorovacího informačního systému pro měření a vyhodnocování posuvů

Stabilita svahu je jedním z podstatných činitelů ovlivňujících bezpečnostní poměry při těžbě surovin a v neposlední řadě i ekonomické výsledky dolu a společnosti. Proto je velmi důležité zajišťovat informace o stabilitních poměrech, tyto informace dále vyhodnocovat a následně realizovat opatření pro předcházení havarijním situacím a zajištění stability.

Jednou ze základních metod sledování stabilitních poměrů, využívaných na lomech Severočeských dolů, a.s., Dolů Nástup Tušimice, je kromě přesné inklinometrie a měření pórových tlaků **měřické sledování posunů**.

Tato metoda byla široce využívána i v minulosti, od prosince loňského roku je nasazena skutečná technická novinka „automatizovaná monitorovací stanice pro měření a vyhodnocování posunů svahů“. Srdcem monitorovací stanice je špičková elektrooptická totální stanice pro měření polohy kontrolních bodů TCA 1800 švýcarské firmy Leica. Stanice je plně motorizovaná a automatizovaná, takže opakovaná měření se provádí bez přítomnosti člověka.

Na Dolech Nástup Tušimice je svah lomu Merkur sledován nepřetržitě 24 hod denně. Informace o svahu jsou ze stanice přenášeny na podnikový dispečink, kde je celodenní

služba. V případě i drobných předzvěstí nestability svahu je tedy dispečer informován a může dát pokyn k realizaci příslušných opatření k zamezení nehod

a vlivu na okolí.

Severočeské doly, a.s., Chomutov chtějí prokázat, že pro zabezpečení stability svahu a tedy i okolí lomu dělají vše potřebné.

## 1. Úvod

Stabilita svahu je jedním z podstatných činitelů ovlivňujících bezpečnostní poměry při těžbě surovin a v neposlední řadě i ekonomické výsledky dolu a společnosti. Proto je velmi důležité zajišťovat informace o stabilitních poměrech skrývkových, smíšených a výsypkových svahů, tyto informace dále vyhodnocovat a následně realizovat opatření pro předcházení havarijním situacím a zajištění stability.

Jednou ze základních metod sledování stabilitních poměrů, využívaných na lomech Dolů Nástup Tušimice, je kromě přesné inklinometrie a měření pórových tlaků **měřické sledování posunů**. Tato metoda je široce aplikována již mnoho let, např. sledování posunů východních svahů výsypky Merkur se provádí již od roku 1979. Do konce roku 1997 bylo vyhodnoceno více než 160 kontrolních měření. Sledování bodů stabilizovaných ve výsypce se provádí polární metodou nebo protínáním vpřed. Původně se vzdálenosti měřily dálkoměrem EOK 2000 a úhly teodolitem Theo 010, od roku 1985 elektrooptickým tachymetrem RECOTA s možností registrace naměřených dat a od r. 1992 totální stanicí Wild TC1600.

Vyhodnocení spočívalo ve výpočtu „průměrného“ denního horizontálního posunu (mm/den) a ve sledování trendu vertikálních posunů u jednotlivých bodů (cca 30) s možností zpracovat mapu izochar posunů a přibližného výpočtu posunu celé patní části výsypky. Podobným způsobem se sleduje a vyhodnocuje několik dalších potenciálně nestabilních oblastí.

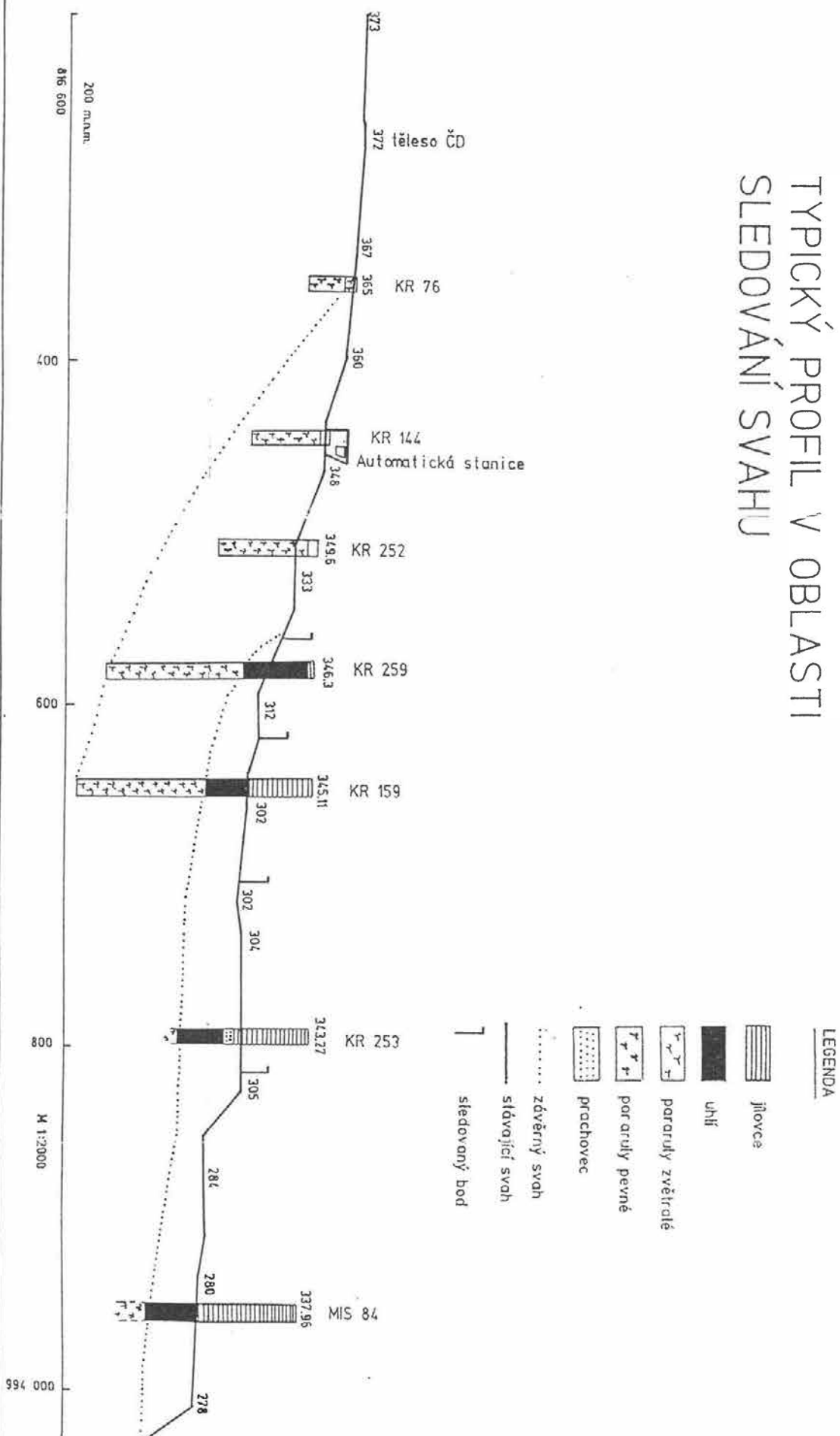
## 2. Sledování svahových posunů lomu Merkur

Těžba zbytkových zásob na **lomu Merkur** probíhá v ukloněných partiích sloje v blízkosti výchozu (**obr. 1 a 2**). Je evidentní, že otázka stability svahu je jednou z nejdůležitějších, zvláště pro bezpečnost těžební technologie a zaměstnanců. Proto oddělení geotechniky – odboru hlavního měřiče a geologa (OHMG) DNT věnuje sledování svahových posunů dlouhodobě velkou pozornost. Jako základní jsou aplikovány metoda měřického sledování a přesná inklinometrie.

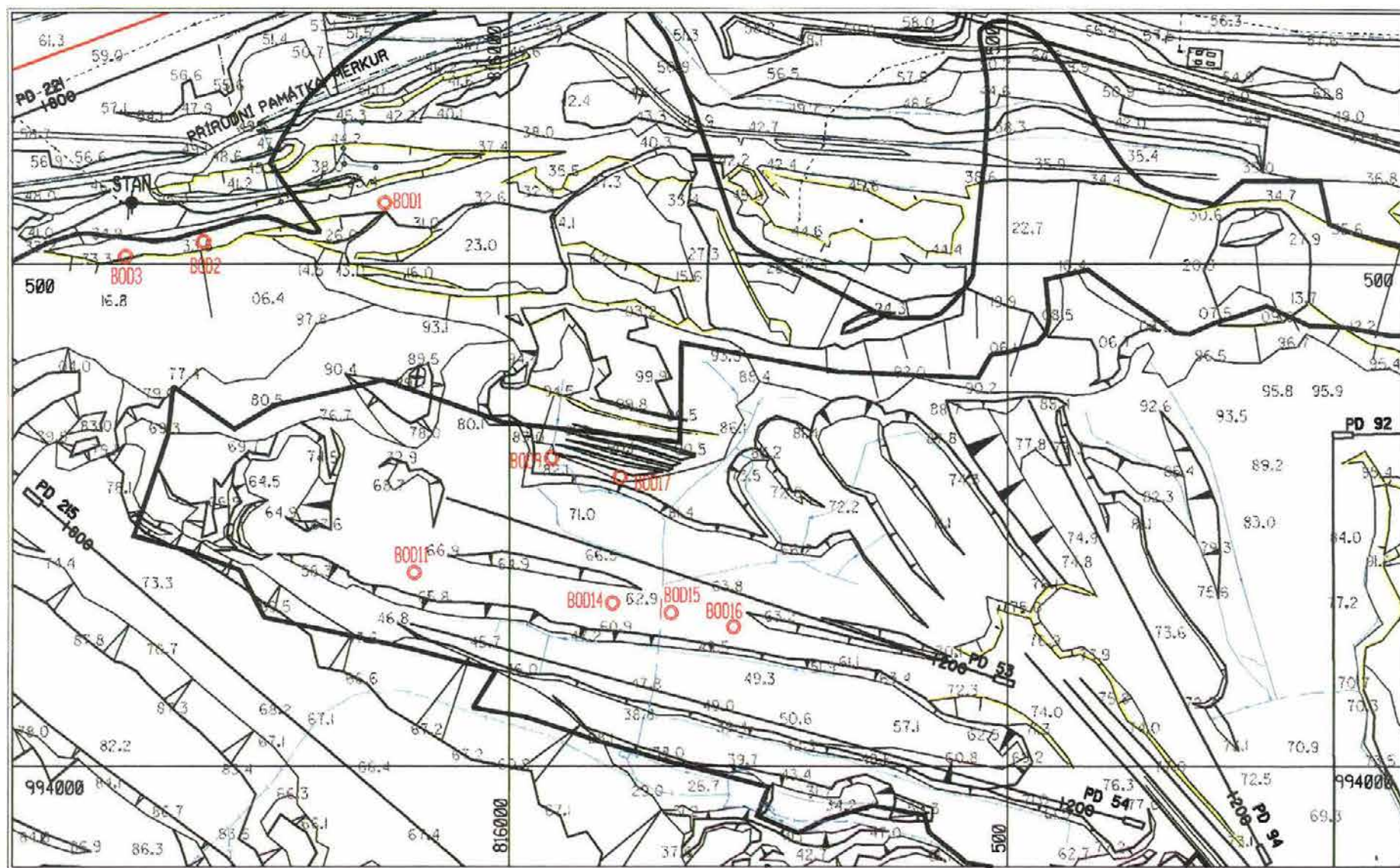
### Měřické kontrolní sledování posuvů

Je prováděno již několik let totálními stanicemi Leica - TC 1600, TCA 1800 a TC 1100. Jednotlivá **měřická stanoviště** jsou stabilní s nucenou centrací. Jsou vyrobeny z ocelových pažnic o průměru 156 mm, která jsou stabilizována v pevné části horninového masívu. **Sledované body** jsou rovněž provedeny jako pevné, stabilizované cca 2 m vysokými trubkami o průměru 50 mm. V horní části trubky jsou stabilně přichyceny odrazné hranoly. Periodické proměřování bylo prováděno jedenkrát týdně, v případě neklidu svahu i několikrát týdně. Ani tato frekvence měření však nestačila. Proto odbor hlavního měřiče a geologa, po sesuvu části svahu uhelného lomu v červnu roku 1997, navrhl vedení dolu vyřešit problém radikálně a to nasazením automatizovaného monitorovacího informačního systému pro měření a vyhodnocování posuvů.

# TYPICKÝ PROFIL V OBLASTI SLEDOVÁNÍ SVAHU







Obr. 1 Douhlování lomu Merkur 1 : 5000

### 3. Nasazení automatizovaného monitorovacího informačního systému pro měření a vyhodnocování posuvů

Cílem nasazení automatizovaného monitorovacího informačního systému pro měření a vyhodnocování posuvů je především zajistit „nepřetržitost“ sledování nestabilních či potenciálně nestabilních oblastí, včetně **vyhodnocení posunů** a jejich **vizualizaci**. Na základě těchto informací je pak možné upozornit obsluhu příslušné technologie na možné nebezpečí a realizovat příslušná opatření.

#### Celé technické řešení lze rozdělit do tří logických celků:

1. **Monitorovací stanoviště** - měření a prvotní zpracování dat
2. **Přenos dat** - z místa měření do místa dalšího zpracování
3. **Základna - zpracování dat a vyhodnocení** - výpočet souřadnic sledovaných kontrolních bodů, výpočet posunů a přiřazení určitého stupně varovných stavů každému bodu.

#### **ad 1 Monitorovací stanoviště**

je tvořeno upravenou prosklenou „buňkou“ – **obr. 3**. Buňka je elektricky vytápěna tak, aby bylo možné měřit i v zimě. Je umístěna za hranou svahu v stabilní části svahu tak, aby byly vidět všechny sledované kontrolní body. Uvnitř je instalovaná (přípevněná k pažnici - nucená centrace) **motorizovaná automatická totální stanice Leica TCA1800 – obr. 4** (přesnost : 1<sup>cc</sup> při měření úhlů a -+ 2mm + 2ppm pro vzdálenosti) s programem pro sledování, vytvořeným v prostředí SW GeoBasic firmou Geovap s.r.o., počítač a radiomodem. Stanice TCA1800, ovládaná programem, měří automaticky v zadaném časovém intervalu (standard 1 hod) úhly a délky k jednotlivým sledovaným kontrolním bodům (**obr. 5**) v terénu, na které byly instalovány odrazné hranoly. Tyto body jsou ve vzdálenosti od 50 m do 800 m, jejich počet může být i několik desítek. Po změření úhlu a délky každého bodu se přes sériový port vyšle tento údaj do **počítače PC ( se záložním napájecím zdrojem UPS)**. Data jsou uložena do archivního a zároveň do vysílacího souboru. Archivní soubor má jméno podle aktuálního data a každý den po půlnoci se uzavře a otevře se nový. Tím je zaručena archivace všech naměřených dat a zároveň jejich jednoduchá správa. Po ukončení měření celé série bodů v I. a II. poloze se přes radiomodem, který je připojen na druhý sériový port počítače, přenese vysílací soubor na základnovou stanici, která je rovněž vybavena radiomodemem.

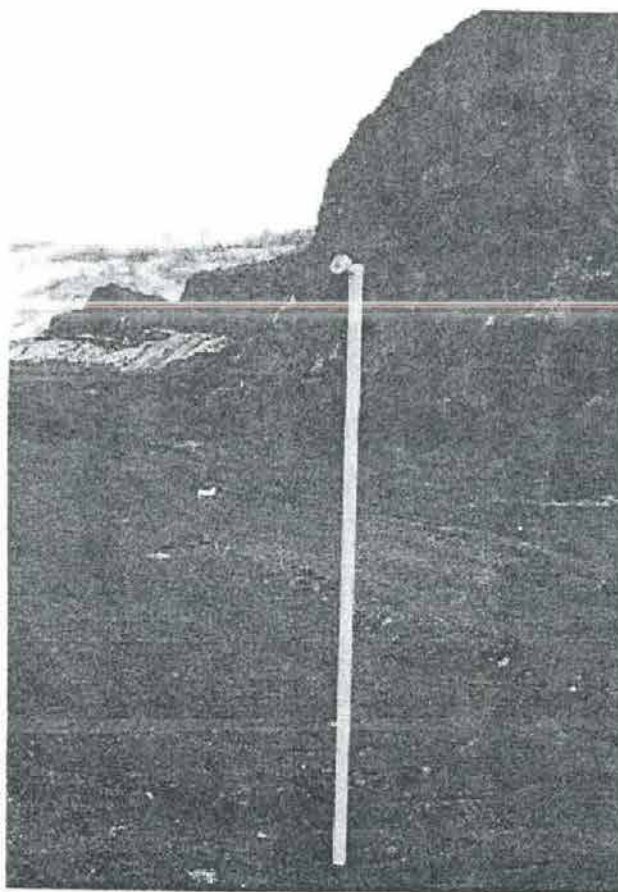
Samotné měření začíná tak, že nejdříve „ručně“ provedeme prvotní zaměření a naměřené hodnoty uložíme. Dále už pracuje stanice **TCA 1800** sama. Je vybavena systémem ATR (automatic target recognition), je tedy schopna automaticky najít jednotlivé sledované body podle předchozího měření, provést přesné zacílení a dále provádět opakovaná zaměření až do přerušení. Naměřené údaje jsou přenášeny z totální stanice do počítače sériovou linkou RS 232 na COM1. Komunikaci počítače z totální stanice řídí program TOTALKA.



Obr.3 Automatická monitorovací stanice .



Obr.5 Sledovaný kontrolní bod. Odrasný hranol je připevněn na tyči , která je zacementovaná do podložky. Tyto se instalují především v předpolí uhelných rýpadel a závěrném svahu.





Obr. 4 Totální stanice TCA 1800

## ad 2 Přenos dat

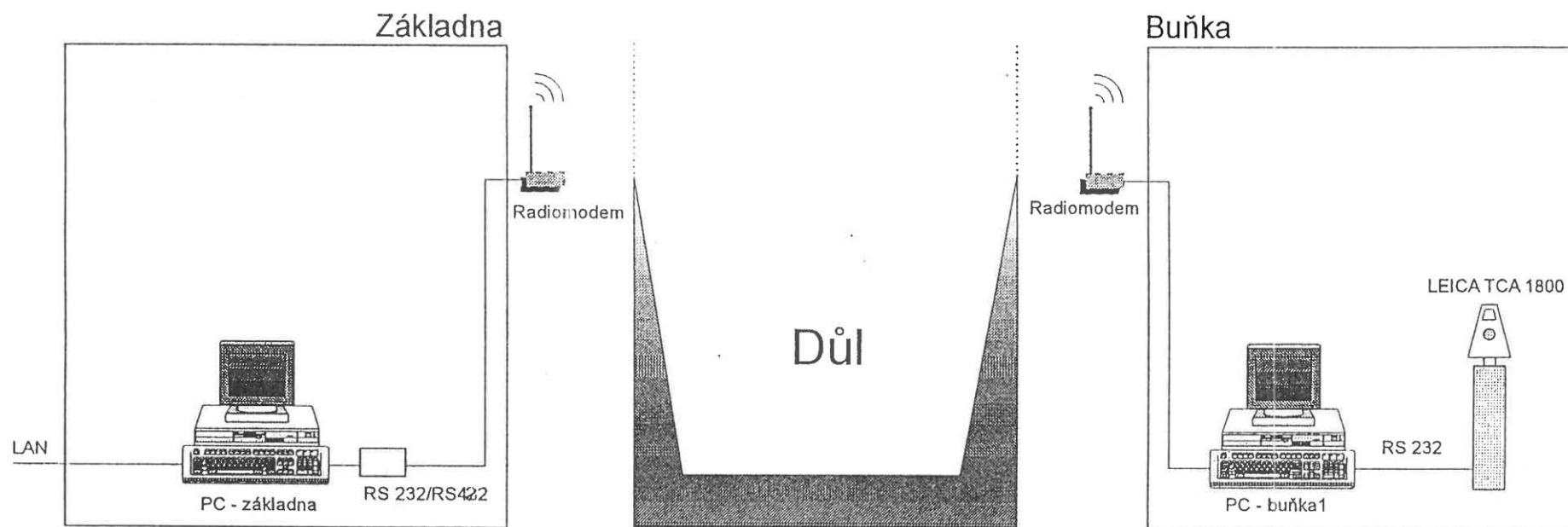
z monitorovacího stanoviště na základnu (budova OHMG) je zabezpečen radiomodemy. Na port COM2 počítače na monitorovacím stanovišti je připojen radiomodem Dcom MC12F. Jeho základní jednotkou je radiostanice Motorola P110 a z ní jde signál ke směrové anténě. Pokud z totální stanice nepřijdou data do počítače po době delší než 5 minut, zkontroluje SW v počítači, jestli má v bufferu nějaké naměřené body. Pokud ano, naváže komunikaci se základnou a odvysílá radiomodemem všechna naměřená data. Poté ukončí spojení a čeká do doby, kdy po obdržení nových dat z totální stanice uplyne 5 min.

Příjem dat na základnovém stanovišti je realizován rovněž radiomodemem Dcom MC12F. Radiomodem čeká v režimu „slave“ na spojení s radiomodemem v buňce. Po navázání spojení se data přenášejí sériovou linkou se data na COM1 základnového počítače. Zde jsou přijatá data automaticky zpracována a uložena do souborů DATA.TXT (aktuální data posledního měření) a ARCHIV.TXT (veškerá data). Schéma komunikačního propojení viz **obr. 6**.



# Schema komunikačního propojení systému pro sledování sesuvů pudy Doly Nástup Tušimice

obr. 6



| Označení       | Popis                                                    |
|----------------|----------------------------------------------------------|
| PC - základna  | počítač Triline Pentium 150MHz - základnová stanice      |
| PC - buňka1    | počítač Triline Alfa - Pentium 150MHz - monitorov. stan. |
| RS 232/ RS 422 | převodník RS232 / RS422                                  |
| RS 232         | stíněné komunikační kabely RS-485                        |
| LAN            | připojení do místní počítačové sítě LAN                  |
| Leica TCA-1800 | totální stanice Leica TCA-1800                           |
| Radiomodem     | Radiomodem DCom - MC12F                                  |
| Důl            | prostor dolu "Nástup" Tušimice                           |

|                               |                                                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Vypracovala                   | D.PILNÁ                                                             |
| Schválil                      | Ing.PILNÝ                                                           |
| Datum                         | 27.11.1997                                                          |
| Akce                          | <b>Monitorovací systém sesuvů pudy</b>                              |
| Název                         | Schema komunikačního propojení základny a monitorovacího stanoviště |
| GEOVAP spol. s r.o. PARDUBICE |                                                                     |
| <b>DP - 3 - 001</b>           |                                                                     |

**ad 3 Základna - zpracování dat a vyhodnocení**

Zpracování dat, vyhodnocení stabilitní situace a vizualizace se provádí v prostředí programu „**Báňský model**“ firmy KVASoftware. Báňský model přebírá data aktuálního měření ze souboru DATA.TXT a z hodnot úhlů a vzdáleností vypočítá souřadnice kontrolních bodů. Souřadnice se porovnají s předchozími měřeními a vypočtou se:

**Sledované parametry**

- **celkový posun** – horizontální vektor (od prvního měření po aktuální měření)
- **dílčí posun** – horizontální vektor (posun od posledního, nebo jiného měření v minulosti po aktuální měření)
- **celková rychlost** – mm/den (rychlost posunu od prvního měření po aktuální měření)
- **dílčí rychlost** – mm/den (rychlost posunu od posledního, nebo jiného měření v minulosti po aktuální měření).

Tyto hodnoty se porovnají s hodnotami varovných stavů. Pro každou skupinu parametrů lze u každého bodu předem zadat limitní hodnoty (posuny a rychlosti) pro čtyři stupně varovných stavů

- **klidový stav**
- **stav přípustných změn**
- **stav neklidu**
- **kritický stav**

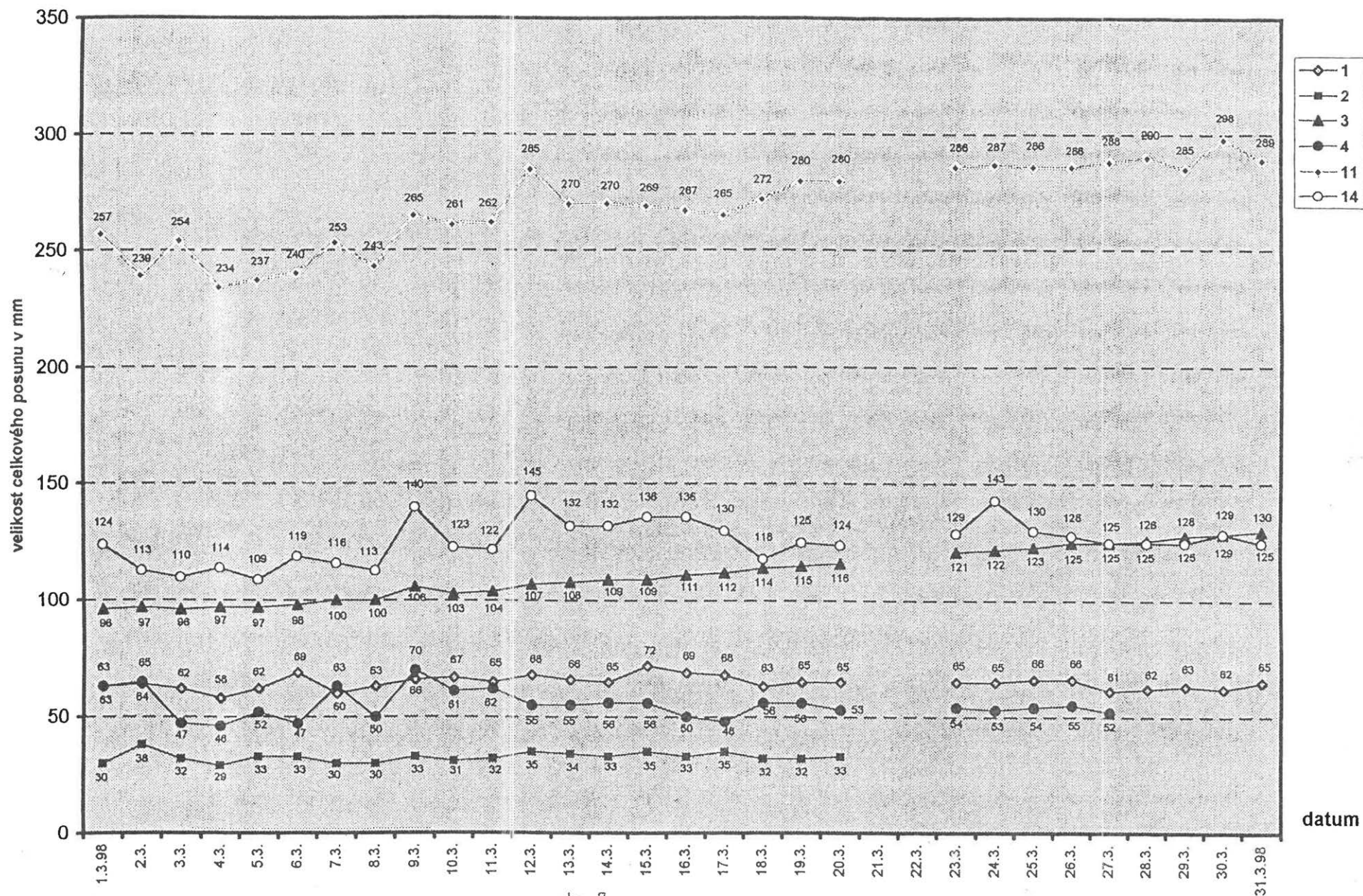
Program porovná naměřené posuny s hodnotami varovných stavů a přiřadí je ke každému bodu. Tato procedura probíhá pravidelně po každém měření. Každou hodinu tak získáme informaci o stabilitním chování svahu. Dojde-li k dosažení či překročení limitu varovných stavů, objeví se informace na obrazovce a zároveň dojde k zvukové signalizaci. Tím je obsluha informována, že byly naměřeny hodnoty posunů, kterými se musí dále zabývat. Data jsou ukládána do textového souboru pro možnost dalšího vyhodnocení (např. v tabulkovém procesoru Excel) a pro archivaci.

**Reakce a vyhodnocování lze rozdělit do dvou skupin:**

- **Operativní** – na dispečinku dolu je umístěn počítač s programem „**Báňský model KVAS**“, který pracuje 24 hod denně. Na obrazovce je vizualizován **aktuální stav lomu, okamžitá pozice rýpadla** (přebíráno ze systému KSSK - později možná i pomocí metody GPS) a **situace sledovaných bodů**. Dispečer je na zvýšené posuny upozorněn grafickou a zvukovou signalizací. **Následně může dát pokyn k realizaci předem připravených opatření odpovídajících vyhodnocené situaci** (zatím pouze upozorňuje vedoucího OHMG nebo vedoucího geotechnika o situaci). K operativním informacím o stabilitě se dostane každý, kdo má platnou verzi programu Báňský model a je připojen k počítačové síti (dispečink, pracovníci OHMG a OŘV).
- **Denní** – geotechnik do 8.00 hod vyhodnotí naměřená data za uplynulých 24 hodin a připraví v Excelu graf posunů a rychlostí všech sledovaných bodů. Aktualizovaný graf je k dispozici ve smluveném adresáři na síti každý den (**obr. 7**).

Poznámka: v době pracovního volna je možné, aby z podnikového dispečinku byla naměřená data pro posouzení okamžitého stavu zaslána pomocí telefonní sítě a modemů do „domácích“ počítačů vedoucího OHMG a později i vedoucího odd. geotechniky tak,

# Celkové posuny bodů na Severních svazích lomu Merkur



obr. 7



aby dříve než jsou vydána příslušná rozhodnutí (např. o přerušení těžby a transportu velkostroje do bezpečí), byla data prohlédnuta kompetentní osobou. Toto spojení již bylo několikrát vyzkoušeno.

**Systém je kompatibilní s tím, co už bylo na DNT v oblasti digitálních modelů a zpracování dat vybudováno.**

#### **4. Provozní zkušenosti a další plány**

Od 16.12.1997 běží systém v rutinním provozu. Počáteční problémy, které byly způsobeny „měkkým“ zdrojem napětí pro pohánění totální stanice byly vyřešeny připojením stabilizovaného zdroje. Přetrvávají však problémy s poruchovostí totální stanice Leica TCA 1800 (již 2 x v opravě). Běžný interval měření je 1 hod, zkoušen byli i interval 5 minut. V dalším období je nutné vyřešit tyto technické a organizační problémy:

- spolehlivost totální stanice, lepší spolupráci HW a SW
- úprava SW pro možnost průběžného zavádění teplot a tlaku pro korekci měření.
- vylepšit pokyny pro dispečery tak, aby v každé situaci bylo jasné co mají dělat
- zajistit náhradní zdroje napětí pro veškerou techniku, která je do systému zapojena

**Nejsložitější** (a velmi důležité pro chod tohoto informačního varovného systému) je stanovit správné hodnoty **kritérií varovných stavů** tj., jakési limity hodnot posunů a rychlostí svahu, při jejichž dosažení jsou body zařazovány do určitého stavu, kterému by měla odpovídat i určitá opatření, např. pravidelné kontroly okolí bodů při stavu neklidu nebo přerušení těžby při dosažení kritického stavu. Zatím jsou tato kritéria stanovena na základě zkušeností. Cílem však je najít exaktnější způsoby stanovování těchto kritérií tak, aby sice nedocházelo k planým poplachům, ale aby v případě skutečného ohrožení byla obsluha včas informována. Proto byla navázána spolupráce s TU – VŠB – Stavební fakultou, která tento problém začala řešit.

**Vzhledem k tomu, že se těžba DNT přibližuje k obcím Černovice a Spořice, chtějí odpovědní pracovníci DNT nasazením této špičkové technologie zabezpečit potřebnou stabilitu svahů.**