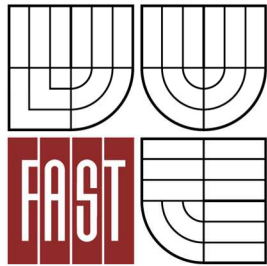


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

VLIVY DOBÝVÁNÍ NA OBJEKTY DŮLNÍHO ZÁVODU UNDERMINING INFLUENCES ON MINING WORKS OBJECTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAELA HUDECOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. OTAKAR ŠVÁBENSKÝ, CSc.

Abstrakt v slovenskom jazyku

Obsahom tejto bakalárskej práce je stabilizovanie a geodetické pozorovanie vplyvov dobývania ochranného piliera na deštrukciu komína „jamy G“ - Baňa Nováky kinematickou metódou GPS. Monitorovanie prejavov banskej činnosti a analýza deformácií v poddolovaných územiach z opakovaných polohových meraní s využitím webovej aplikácie a mapových služieb WMS.

Precis in English language

The content of this bachelor thesis is stabilization and geodetic observation of influences of mining the security pillar for destruction of chimney “the G hole” - the Mine of Nováky by using the kinematic method GPS. Monitoring of the exhibition of a mining activities and analysis of deformations in undermined areas by making repeated positioning measures with web application and map devices WMS.

Kľúčové slová v slovenskom jazyku

Vplyvy poddolovania, ochranné piliere, pozorovacia sieť bodov, deformácie územia, kinematická metóda GPS

Key words in English language

Impacts of mining, protective pillars, network of observation points, deformation of the territory, kinematic GPS

Bibliografická citácia:

HUDECOVÁ, Michaela. Vlivy dobývání na objekty důlního závodu: bakalárska práca. Brno, 2012, 43.s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavení. Ústav geodézie. Vedúci bakalárskej práce prof. Ing. Otakar Švábenský, CSc.

Prehlásenie:

Prehlasujem, že som celú bakalársku prácu, vrátane príloh spracovala samostatne a boli uvedené všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa

.....
podpis bakalára

Pod'akovanie:

Ďakujem vedúcemu mojej bakalárskej práce prof. Ing. Otakarovi Švábenskému, CSc. za cenné rady, pripomienky a ochotu pomôcť pri tvorbe tejto práce. Taktiež by som chcela poďakovať Ing. Helene Plakingerovej a Ing. Mariánovi Plakingerovi za pomoc pri meračských prácach.

OBSAH

ÚVOD.....	8
1. VPLYVY PODDOLOVANIA	9
1.1 ROZSAH VPLYVU	12
1.2 FORMOVANIE POKLESOVÝCH KOTLÍN.....	12
2. GEOLOGICKÁ STAVBA PREDMETNÉHO ÚZEMIA.....	14
3. VÝVOJ ŤAŽBY V OCHRANNOM PILIERI JAMY G	15
3.1 OPATRENIA PRIJATÉ PRE DOBYVANIE V OCHRANNOM PILIERI.....	16
4. METÓDY MERANIA	17
4.1 PRIMÁRNE METÓDY MERANIA POSUNOV	17
4.1.1 Meranie zvislých posunov	17
4.1.2 Meranie vodorovných posunov	18
4.1.3 Negeodetické metódy	19
4.2 POUŽITÉ METÓDY GPS NA ZAMERANIE POSUNOV	19
4.2.1 Absolútne určenie polohy	19
4.2.2 Relatívne určenie polohy	20
4.2.2.1 Princíp statického merania.....	20
4.2.2.2 Princíp kinematického merania v reálnom čase	21
4.3 PRESNOŠŤ POUŽITÝCH METÓD GPS.....	21
5. ZÁKLADNÉ ÚDAJE A PARAMETRE PRE ZAMERANIE JAMY G	22
6. MERAČSKÉ PRÁCE.....	23
6.1 POPIS LOKALITY A ČASOVÁ KONCEPCIA PRÁC	23
6.2 STABILIZÁCIA, SIGNALIZÁCIA A OSADENIE POZOROVACÍCH BODOV	24
6.4 PODROBNÉ MERANIE BODOV SIETE.....	25
6.5. STATICKÉ ZAMERANIE BODU „G“	27
7. VYHODNOTENIE NAMERANÝCH DÁT.....	30
7.1 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV POZOROVACEJ GEODETICKEJ SIETE	30
7.2 VYHODNOTENIE STATICKEHO ZAMERANIA BODU G	32
8. ANALÝZA DEFORMÁCIÍ	34

8.1. PRINCÍP VÝPOČTU ANALÝZY DEFORMÁCIÍ	34
8.2. VÝSTUPNÉ HODNOTY A GRAFICKÉ ZNÁZORNENIE	36
ZÁVER	38
BIBLIOGRAFIA	39
ZOZNAM OBRÁZKOV	41
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	42
ZOZNAM PRÍLOH.....	43

ÚVOD

Bakalárska práca sa venuje problematike vplyvov dobývania na objekty banského závodu v katastrálnom území Koš v oblasti Jamy G. Práve na tomto území sa plánovala likvidácia jamového komína za účelom sprístupnenia ťažby uhlia v ochrannom pilieri, avšak s podmienkou zachovania jamového komína pre komplexné využitie prírodu vetrov do podzemia a na odčerpávanie banských vôd počas exploatacie uhlia. V chránenom ložiskovom území v správe Hornonitrianskych baní Prievidza, a.s., zanecháva banská činnosť trvalé stopy na krajine vo forme terénnych depresí a trhlín. Z tohto dôvodu bola poverená projektová organizácia Banské projekty, s.r.o. Bratislava vypracovaním posudku za účelom udržania existencie banského telesa pre roky 2010-2014. Obširnejšie o vplyvoch banskej činnosti, dobývaní ochranného piliera a o jamovom telese sa budem zmieňovať v nadchádzajúcich stranách práce.

Cieľom tejto práce bolo stabilizovanie a zameranie bodov geodetickej pozorovacej siete za účelom zistenia deformácií terénu a sledovania týchto zmien. Pozorovanie vplyvov dobývania ohradníka na deštrukciu komína „jamy G“- Baňa Nováky bolo vykonané metódou GPS. Následne sa vykonalo spracovanie nameraných údajov a porovnanie s predošlými meraniami.

V mojej práci som taktiež využila webovú aplikáciu pre analýzu deformácií z opakovaných polohových meraní a mapových služieb WMS spracovanú vo VÚGTK v Zdíboch, ktorej autorom je Ing. Talich Milan, Ph.D.

1. VPLYVY PODDOLOVANIA

Monitorovanie prejavov banskej činnosti spôsobených kinematickou aktivitou horninového masívu je v súčasnosti často riešenou problematikou hlavne v súvislosti s analýzou urbanistickej využiteľnosti takýchto území. Pre oblasť podliehajúcu vplyvom banskej činnosti je charakteristické, že deformácia územia sa prejaví s určitým časovým spozdením, ktoré je spôsobené pozvoľným doznievaním napätia v horninovom masíve (retardácia masívu). Vplyvy banskej činnosti na rozsiahle okolie bankých prevádzok je možné rozdeliť do viacerých skupín: znečisťovanie ovzdušia, pôdy a podzemnej vody, uskladňovanie nebezpečného odpadu z bankých procesov v depóniách a poddolovanie povrchu. Aktuálnym, často riešeným problémom v otázkach poddolovaného územia je ukončenie banskej činnosti v spojitosti so zatvorením bankých prevádzok a postupnou likvidáciou bane.



Obr. č. 1. 1 Vplyv poddolovania v oblasti Jamy G

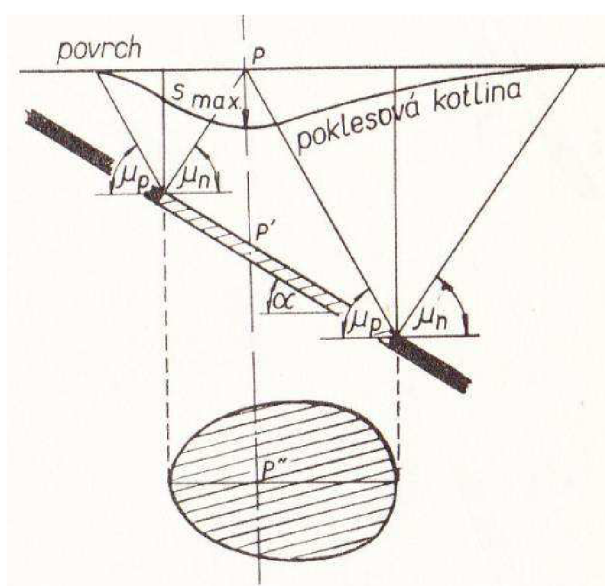
Charakter pohybového procesu závisí od činiteľov, ktoré vyvolávajú príčiny a podmienky pre vznik takéhoto procesu. Faktory ktoré sa podieľajú na ovplyvnení tohto procesu môžu byť prirodzené endogénne i exogénne, alebo vyvolané zásahom človeka pri ťažbe nerastných surovín, technickým zásahom do prírody, respektíve kombináciou uvedených faktorov. Merania pohybov na pozorovacej stanici je teda nutné týmto okolnostiam prispôbiť a je potrebné zvoliť také pozorovacie metódy, ktoré umožnia zistiť s vysokou presnosťou okamžité polohy bodov. Optimálne výsledky dávajú práve pozorovania realizované v pravidelných časových intervaloch. (1)

Hlavné činitele ovplyvňujúce pohyby nadložných vrstiev a teda aj povrchu sú:

- a)** mechanické vlastnosti hornín: vlastnosti jednotlivých typov hornín sú pre nás známe z laboratórneho prostredia, avšak nemôžeme to tvrdiť o súvrstviach alebo horskom masíve, ktorý môže pracovať v smere hĺbky ale i v smere po vrstvách a vytvárať tak nehomogénne prostredie, v ktorom so vzrastajúcim napätím sa transformujú vlastnosti hornín a nadobúdajú podobu zo sypkej na pevnú alebo na plastickú. Podľa mechanických vlastností rozdeľujeme horniny na: (2)
- tvrdé, pevné horniny
 - plastické horniny
 - sypké horniny
 - tekuté horniny
- b)** geologické podmienky uloženia: vplyv ťažby ovplyvňuje geologické zloženie horstva z viacerých hľadísk, preto je dôležité poznať geologický profil lokality, ktorý pôsobí spolu s mechanickými vlastnosťami na veľkosť a charakter pohybu. Významný vplyv na veľkosť a smer pohybu má aj úklon ložiska, ktorý môžeme rozdeliť na: (2)
- vodorovné 0°
 - ploché 0 až 22°
 - uklonené 22 až 45°
 - polostrmé 45 až 70°
 - strmé 70 až 85°
 - zvislé 85 až 90°
- c)** mocnosť ložiska: vyjadruje najkratšiu vzdialenosť medzi stropom a počvou ložiska. Platí skutočnosť, že čím je mocnosť väčšia, tým sa zväčšujú pohyby tak ako v nadloží tak aj na povrchu územia.
- d)** medzný uhol vplyvu: je uhol, ktorý zvierá vodorovná rovina so spojnicou hrany porubu a miesta posledných vplyvov na povrchu. (2) Medzné uhly vplyvu nazývame podľa smeru vodorovného ramena, ktoré môžu smerovať do nadložia, alebo podložia. Určitým druhom uhla vplyvu je aj tzv. uhol zálomový, ktorý môžeme interpretovať aj ako uhol, ktorý prechádza od vodorovnej roviny a strmého ramena od hrany rúbania do plochy zlomu vrstiev. (3) Plošný rozsah vplyvu exploatacie uhlia: veľkosť vyťaženej plochy v uhoľnom revíre má priamy vplyv na

veľkosť pásma na povrchu zeme a táto oblasť je vždy väčšia ako oblasť exploatovaného ložiska. (2) Pri vodorovnom uložení ložiska a dobývaním v jednom bode s postupom ťaženia na všetky strany a jednotnou rýchlosťou by po dosiahnutí určitej vzdialenosti nebol zapríčinený ďalší pokles. Vyrúbanou plochou by bol kruh, ktorý nazývame plne účinná plocha. (3) Môžeme ju teda definovať ako plochu v ložisku, ktorú je potrebné vyťažiť, aby pokles daného bodu na povrchu bol najväčší. Pri uklonených ložiskách sú diferencované podmienky k vytvoreniu poklesových kotlín dané odlišnými hodnotami medzných uhlov v dôsledku čoho plne účinná plocha nadobúda tvar elipsy. (2)

- e) hĺbka ložiska pod povrchom: má významný vplyv na intenzitu a rozsah jednotlivých deformácií na povrchu. (3) Zo zväčšujúcou sa hĺbkou nastáva na povrchu územia plynulejší pohyb, ale rozmer poklesovej kotliny je väčší aj keď je exploatovaná rovnaká plocha. (2)
- f) spôsob exploatácie uhlia: veľkosť poklesu taktiež ovplyvňuje spôsob ťažby ložiska a to predovšetkým či bude vyrúbané plne alebo z časti a či bude dobývané na zával alebo so základkou. (2)
- g) časový priebeh a dĺžka trvania pohybu: po dobývaní časti sloja musí prejsť určitá doba, kým sa na povrchu objavia prvé pohyby. Doba klesania závisí na viacerých geologických podmienkach hornín. V Nováčkom uhoľnom revíre nastáva doznievanie poklesov pri dobývaní v hĺbkach 200 až 300 m už za 1 až 2 roky. (3)



Obr. č. 1. 2 Poklesová kotlina a plne účinná plocha pre šikmé uloženie vrstiev

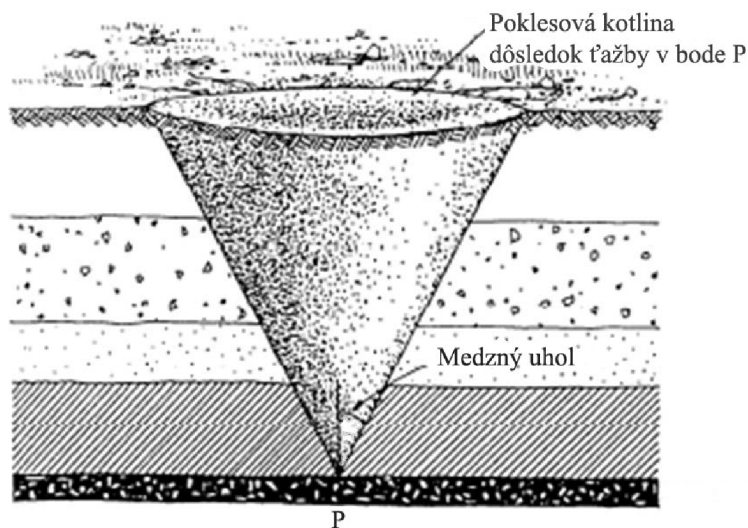
1.1 Rozsah vplyvu

Horniny v nadloží vyrúbaných priestorov majú tendenciu prehýbať sa a často aj samovoľne zavalit' tieto priestory. To sa obyčajne prejaví pohybmi a deformáciami na povrchu. Na ich sledovanie sa na poddolovanom území budujú pozorovacie stanice. Pohyby a deformácie môžu mať značnú intenzitu a rýchlosť. Prejavy poddolovania vyplývajúce z deštrukcie v podzemí sa môžu prejavit' priamo v reliéfe krajiny a takisto nepriamo ako spektrálny prejav (zmena hydrológie, pôdnej vlhkosti, vegetácie a pod.). Priame prejavy poddolovania sa prejavujú pohybom pozorovacích bodov na povrchu poddolovaného územia smerom k ťažisku vyrúbanej plochy. Tento pohyb je tvorený dvoma zložkami: pohybom zvislým (pokles – rozdiel výšok nameraných na začiatku a na konci určitého obdobia) a pohybom vodorovným (posun – rozdiel polohy bodu nameranej na začiatku a na konci obdobia). (1)

Určiť miesto posledných vplyvov je veľmi obtiažne, pretože sa zo zväčšujúcou vodorovnou vzdialenosťou od hranice dobývania vplyvy postupne znižujú, až nakoniec sa praktický nedajú zistiť bežnými meračskými metódami. Táto skutočnosť posilňuje tvrdenie mnohých odborníkov, že veľkosť medzného uhla vplyvu závisí od presnosti meracích prístrojov a metód, teda že táto hodnota je premenlivá. Čím presnejšie prístroje sa použijú pri zameraní a čím presnejšia meračská metóda sa volí, tým menší bude medzný uhol vplyvu. Je veľmi ťažké určiť príčinu týchto malých pohybov, ktoré môžu byť rôzne a nemusia ani súvisieť s vplyvom dobývania. Môžu byť spôsobené odtokom spodných vôd, zamrzaním a rozmrzaním pôdy a inými príčinami. (3)

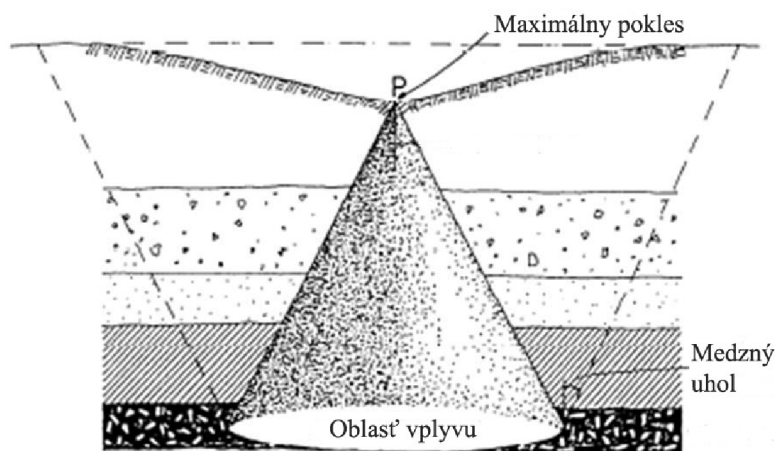
1.2 Formovanie poklesových kotlín

Vyrúbaním dostatočnej veľkej plochy sloja sa na povrchu vytvorí poklesová kotlina. Tvar poklesovej kotliny môže byť plynulý, povrch sa bude prehýbať bez viditeľných trhlín, alebo môže byť nepravidelný, pričom sa tvoria trhliny, strže, lievikovité prepadliny a zlomy rôznej veľkosti. Charakter deformácie zemského povrchu závisí predovšetkým od hrúbky dobývaného sloja a od hĺbky dobývania pod povrchom a geologického zloženia nadložia.



Obr. č. 1. 3 Vplyv ťažby na povrchu (26)

Pri dobývaní slojov menších hrúbok vo väčších hĺbkach vznikajú plynulé poklesové kotliny, voľným okom nie vždy postrehnuteľné. Pri dobývaní uklonených slojov vzniká nesymetrická poklesová kotlina. Nad hlbšou časťou porubu má pozvoľný priebeh, avšak nad hornou časťou dobývania je podstatne strmšia a preto aj povrchové objekty nachádzajúce sa v tejto časti poklesovej kotliny sú vystavené väčšiemu nebezpečenstvu poškodenia. Rezy v smere ložiska majú symetrické krivky, vyplýva to z rovnakej hĺbky a z rovnakých medzných uhlov vplyvu po smere. Deformácie povrchu sú pri dobývaní vo väčších hĺbkach malé, takže nemusia byť nebezpečné pre niektoré povrchové objekty. Je to spôsobené tým, že vplyvy dobývania sa pri veľkých hĺbkach rozkladajú na veľkú plochu. Strmosť poklesovej kotliny bude závisieť od hĺbky dobývania a pochopiteľne aj od moci vydobytého sloja. (3)

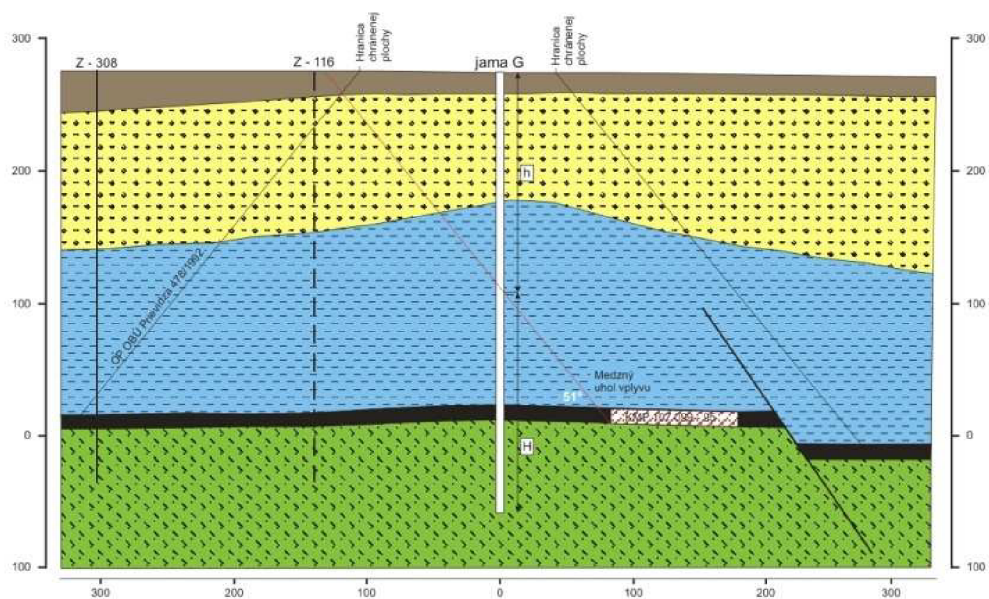


Obr. č. 1. 4 Maximálny pokles v celej oblasti ťažby (26)

2. GEOLOGICKÁ STAVBA PREDMETNÉHO ÚZEMIA

Základným činiteľom ovplyvňujúcim veľkosť pohybu je geologický ukazovateľ, ktorý skúma fyzikálno–mechanické vlastnosti hornín, postupnosť na seba naviazaných vrstiev a predovšetkým ich zmenu vo vodorovnom i zvislom smere. Tieto vlastnosti nemôže človek ovplyvniť, ale je dôležité si všímať vlastnosti hornín ako súdržnosť, pevnosť, zrnitosť a plasticnosť, z ktorých môžeme vychádzať a následne utvoriť predpoklad, ako sa bude tvarovať terén.

Na geologickej stavbe predmetnej oblasti sa podieľajú molasové sedimenty a vulkány stredného miocénu v členení: podložie (kamenské súvrstvie), uhoľný sloj (novácke súvrstvie), nadložie (košianské súvrstvie, lehotské súvrstvie a kvartér). Ako kamenské súvrstvie je označovaný komplex zlepenčov, pieskovcov, ílov a ílovitých bridlíc. Súvrstvie je značne variabilné a dosahuje hrúbky do 300 m. Samostatným uhoľným slojom v kamenskom súvrství je podložný sloj. Uložený je cca 15 m pod hlavným slojovým pásmom. Kamenské súvrstvie postupne prechádza do nováckeho súvrstvia tvoreného uhlím, uhoľnými bridlicami a uhoľnými ílmi. V predmetnej časti ložiska je vyvinutý hlavný sloj, ktorý dosahuje priemernú hrúbku 10,5 m. Nadložie nováckeho súvrstvia je tvorené košianským súvrstvím – hrubým súvrstvím nadložných ílov, ktoré sa v oblasti G jamy pohybuje od 90 do 150 m. Nad košianským súvrstvím je vyvinuté lehotské súvrstvie tvorené nepravidelne sa striedajúcimi polohami štrkov a pieskov, resp. slienitých ílov a tufitov. Hrúbka súvrstvia je premenlivá, dosahuje hrúbku od 70 m do 140 m. (4)



Obr. č. 2. 1 Geologický profil územia

3. VÝVOJ ŤAŽBY V OCHRANNOM PILIERI JAMY G

Pod pojmom ochranný pilier rozumieme dočasne alebo trvale ponechanú nevyrúbanú časť ložiska pod povrchovým objektom kvôli jeho ochrane pred vplyvmi poddolovania. (3)

S rozvojom ťažby v dobývacom priestore Nováky I. dochádzalo v 80. rokoch dvadsiateho storočia k sprístupňovaniu zásob v okrajových častiach ložiska. Otvárkou severnej časti ložiska boli sprístupnené geologické zásoby vo výške 42 000 kt. Pre dobývanie takého veľkého úseku bolo v prvej etape stavby v rozmedzí medzi októbrom 1980 a aprílom 1985 urobená základná otvárka pre prípravu na dobývanie vyhradeného ložiska v dobývacom priestore. Zrealizovala sa výstavba jám G a H vrátane povrchových objektov, následne prepojenie Jamy G – H, základné chodby v oblasti Jamy G, šachetná budova, ťažná veža a ťažné zariadenie. (5)

Vplyvom spoločensko-politických zmien v štáte začiatkom 90. rokov a po dôkladnom preskúmaní bansko-geologických podmienok sa hĺbenie druhej výdušnej jamy stalo neaktuálnym. Na ochranu Jamy G a povrchového areálu bol stanovený ochranný pilier, v ktorom bolo viazaných 3 830 kt geologických uhoľných zásob, z toho 2 413 kt vyťažiteľných. Postupujúcou ťažobnou činnosťou smerom k jamovému telesu došlo k potrebe uvoľniť uhoľné zásoby viazané v ochrannom pilieri pre ich využitie. (6) Osobitným problémom bola fyzická likvidácia vlastnej jamy, ktorá by mohla efektívne slúžiť na prívod čerstvých vetrov a na čerpanie banských vôd počas odrúbavania uhoľných zásob v ochrannom pilieri, resp. pre dobývanie iných častí bane. Pre takúto úvahu bola zadaná úloha, ktorá mala riešiť možnosť čo najdlhšieho zachovania funkčnosti jamy pre uvedené účely. (7) (8)



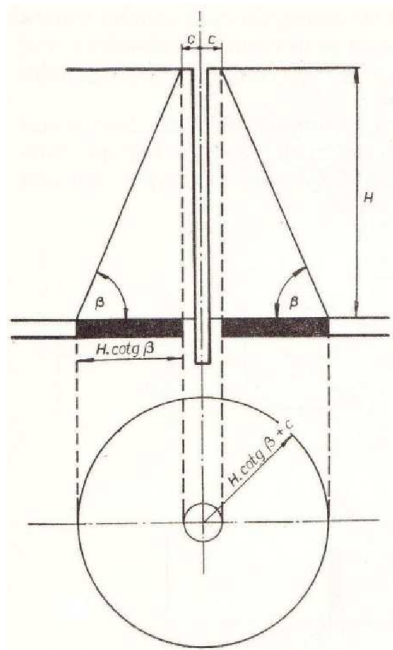
Obr. č. 3. 1 Likvidácia šachty Jamy G pre sprístupnenie ťažby

3.1 Opatrenia prijaté pre dobývanie v ochrannom pilieri

V bežnej banskej praxi nie sú známe prípady, kedy by sa s úspechom exploatovali uhoľné sloje až k výstuži jamy. Pokusy, ktoré sa vykonávali, vždy viedli k vyradeniu jamy z prevádzky z dôvodu deštrukcia výstuže, ktorá nastala vplyvom narušenia ohradníka. Preto je rúbanie v ochranných pilieroch, alebo ich zmenšenie obtiažne pri jamách vystužených liatym betónom, nakoľko podliehajú deformáciám. Pri ťažných jamách v banských revíroch sa však môžeme stretnúť s prípadmi, že dobývanie sa priblížilo až k jame, pričom sa neprerušila prevádzka. To je spôsobené charakterom a pevnosťou hornín v dôsledku čoho nedošlo k zavaleniu resp. strihnutiu jamy.

Pre bezpečné vedenie dobývacích prác v ochrannom pilieri Jamy G a pre zachovanie jamového komína na využitie prívodu vzťažných vetrov do banských priestorov bolo možné toto zabezpečiť len za predpokladu dodržania všeobecných zásad.

- a) vybudovanie protiprievalových hrádzi: na zamedzenie prievalu vôd a zvodnených hornín v prípade deštrukcie výstuže jamového komína
- b) pravidelné meranie: pozorovacej siete povrchových bodov a bodu „G“ umiestneného nad jamovým komínom v intervale dvoch týždňov
- c) fotogrametrické meranie: bodov umiestnených v jamovom komíne do hĺbky 35m
- d) vizuálna kontrola: skupinou špecializovaných banských záchranárov
- e) rýchlosť dobývania: vylúčené zastavovanie z akýchkoľvek príčin



Obr. č. 3. 2 Kuželový ochranný pilier pre šachtu

4. METÓDY MERANIA

Zameranie zmien objektov je možné realizovať dvomi metódami merania, a to: geodetickými a negeodetickými metódami. Niektorí autori pomenúvajú negeodetické metódy aj ako fyzikálne, avšak tento termín nie je pregnantný,¹ pretože všetky geodetické merania sú v podstate fyzikálne. (9)

4.1 Primárne metódy merania posunov

Účelom merania je definovať absolútne alebo relatívne posuny bodov, ktoré sa vybrali ako nástroj k zisťovaniu pretvorení a deformácií sledovaného územia. (9) Meranie prostredníctvom relatívnych posunov nám určí posun vzájomnej polohy jednotlivých častí objektu, zatiaľ čo meranie absolútnych posunov nám vyjadruje posun vzhľadom ku skupine vybraných bodov. Náležitým výberom geodetickej metódy merania a k nej adekvátne voľba aparátu, stanovuje ako výsledok vyžadovanú presnosť merania a pretvorení v závislosti na čase. Meranie sa podstatne zjednoduší, ak sa uskutoční oddelene a rozdelí sa na dve zložky, a to: zvislú a vodorovnú. (10)

4.1.1 Meranie zvislých posunov

Geometrická nivelácia - na meranie posunov a deformácií zemského povrchu, stavebných objektov a priehrad sa zväčša používa presná (PN) alebo veľmi presná nivelácia (VPN). Meranie do veľkej miery ovplyvňujú náhodné, systematické a hrubé chyby, ktoré je nutné eliminovať, a preto je dosiahnutie čo najpresnejších výsledkov podmienené dodržiavaním technologických postupov počas merania. (9)

Hydrostatická nivelácia - aplikuje sa prevažne pri meraniach výškových zmien v ťažko prístupných oblastiach, tam kde je potrebné uplatniť vyššiu presnosť akú je možné dosiahnuť pri geometrickej nivelácii. Metóda je náročná na čas a na jej prevedenie je potrebné špeciálne prístrojové vybavenie, (9) pričom využíva fyzikálny zákon spojených nádob navzájom prepojených hadicou. (11) Dosiahnutá presnosť merania môže dosiahnuť 0,1 mm. (10)

¹ výstižný

Trigonometrické meranie výšok - táto metóda vychádza z opakovaného merania vodorovných vzdialeností a zvislých uhlov od pevných stanovísk. Používa sa prístrojové vybavenie teodolitov s vyššou triedou presnosti, ktoré musia spĺňať podmienku rektifikácie. Metóda nepredkladá presnosť, s akou sa uvažuje pri nivelácii, ale je možné dosiahnuť pri dĺžkach zámer do 150 m presnosť približne 0,5 mm. Zvislé posuny sa odvodzujú z algebrických rozdielov zvislých uhlov medzi etapami merania: (12)

$$dz_{i,j} = z_j - z_i \quad - \text{zmena zenitového uhla medzi etapami}$$

$$dH_{ij} = -sdz_{i,j}(1 + \cotg^2 z) \quad - \text{zvislý posun medzi etapami}$$

$$m^2_{dH_{i,j}} = 2s^2(1 + \cotg^2 z)^2 m_z^2 \quad - \text{stredná chyba merania zenitových uhlov}$$

Fotogrametria - využíva za pomoci stredového premietania z vypracovaných fotogrametrických snímok údaje pre určenie polohy bodov na zemskom povrchu. Z hľadiska rozdelenia metódy podľa spôsobu zhotovenia snímky môžeme fotogrametriu rozdeliť na: pozemnú (vodorovnú), leteckú (zvislú) (11), resp. na blízku a leteckú fotogrametriu. (13) Meranie posunov a deformácií zemského povrchu môžeme vykonať z reálnej základne, alebo z časovej základne. (14) Meranie prostredníctvom metódy časovej základne podáva snímky vzniknuté v rovine, zatiaľ čo metóda s reálnou priestorovou základňou poskytuje výsledky vo všetkých troch smeroch. (9) Podľa počtu vyhotovených snímok sa delí na: jednosnímkovú a dvojsnímkovú. Z vodorovnej fotogrametrie jednosnímkovej používame metódu svetelných rezov a z dvojsnímkovej sa používa pozemná stereofotogrametria. (11)

4.1.2 Meranie vodorovných posunov

Metóda zámernej priamky - je jednoduchá a rýchla metóda, ktorou sa určujú horizontálne posuny. Princíp metódy tkvie v zameraní priečných a polohových odchýlok sledovaných bodov, a to od vodorovnej roviny ktorá je určená dvomi bodmi mimo sledovaný objekt. (9)

Metóda polygónového ťahu - aplikuje sa zväčša tam, kde nie je možné uplatniť metódu zámernej priamky. Zákonitosť tejto metódy spočíva v meraní uhlov a dĺžok polygónového ťahu, kde sa zisťuje horizontálna zložka posunu, a to zmenou vrcholových uhlov medzi epochami. (9)

Trigonometrická metóda - resp. uhlové pretínanie tkvie v meraní smerov od pevnej základne na sledované body situované na objekte, čím sa určuje polohová prípadne priestorová zmena. (9) Očakávaná presnosť určenia posunov je do 0,5 mm. (10)

Dĺžkové pretínanie - s rozvojom diaľkometerov sa vniesla do merania posunov aj táto metóda, ktorá spočíva v určovaní dĺžkových zmien, a to medzi pevnými a pozorovanými bodmi, pričom meranie sa vykonáva pretínaním napred dĺžkami (trilateráciou). (15) Presnosť merania je závislá aj na presnosti použitého diaľkomeru.

Pozemná fotogrametria - je najvhodnejšia metóda na stanovenie polohových zmien v poddolovaných územiach a na sledovanie erozívnych činností na svahoch. (9)

Metóda GNSS - s rozvojom globálnych navigačných satelitných systémov je možné v súčasnej dobe aplikovať túto technológiu merania a pozorovať posuny zemského povrchu a jeho objektov na ňom. Výhodou meracích aparátúr GPS je dostupnosť nezávisle na počasí, efektívnosť a jednoduché ovládanie. Metóda GPS umožňuje určiť vektor medzi dvoma bodmi a to so sub-centimetrovou presnosťou. (16)

4.1.3 Negeodetické metódy

Pri negeodetických metódach merania posunov a deformácií sa využívajú prístroje ako: tenzometre, deformetre, laserové interferometre, kyvadlá, sklonometry a pod. (12)

4.2 Použité metódy GPS na zameranie posunov

Pri posudzovaní presnosti GPS je nutné rozlišovať vnútornú a vonkajšiu presnosť. Vnútornú presnosť vystihuje skladba aplikovaného signálu, typ nosnej vlny a technických parametrov, zatiaľ čo vonkajšiu presnosť možno definovať atmosférickými vplyvmi, rozložením družíc a použitými modelmi spracovania v softvéroch. GPS dovoľuje konkrétne stanoviť polohu, a to: absolútne určenie polohy (point positioning), relatívne určenie polohy (relative positioning) (16)

4.2.1 Absolútne určenie polohy

Samostatným prijímačom sa prostredníctvom kódového merania pseudovzdialeností udá priestorová poloha v geocentrickom súradnicovom systéme. Meranie a spracovanie nie je závislé na určení polohy ďalších bodov. Konečná presnosť vychádza z poskytnutej polohovej služby, ktorá môže byť štandardná a prístupná civilnému sektoru (aplikovateľná C/A-kód), alebo presná a sprístupnená len vyhradeným užívateľom (aplikovateľná P-kód). (17)

4.2.2 Relatívne určenie polohy

Súbežné meranie dvoch prijímačov, kedy sa definujú nové súradnice s využitím meraní na bode, ktorého polohu poznáme. (17) Zákonitosť, ktorou sa rozdeľuje metóda relatívneho určenia polohy závisí na komunikácii prijímača so Zemou. V prípade, že prijímač je počas merania statický vzhľadom k zemskému povrchu, jedná sa o statickú metódu, ktorá je považovaná za základnú metódu. Ak je prijímač mobilný vzhľadom k Zemi, jedná sa o kinematickú metódu, ktorej prednosť spočíva v rýchlom určení súradníc, ale s rádovo nižšou presnosťou, aká je u statickej metódy. Pre tieto metódy sú charakteristické odlišnosti v rýchlosti a presnosti merania, spojením ich výhod sa dosiahli nové technológie, ktoré využívajú súbežne kódové i fázové merania. Sú to:

- rýchla statická metóda
- semi - kinematická metóda (Stop & Go)
- pseudokinematická metóda
- kinematická metóda v reálnom čase - RTK (16)

4.2.2.1 Princíp statického merania

Najviac využívaná forma v geodézií je fázové meranie, ktoré umožňuje stanoviť vzdialenosti medzi družicou a prijímačom s centimetrovou presnosťou. Pri vyhodnotení fázových meraní sa prejaví systematické vplyvy, ktoré interferujú priebeh merania. Spôsob, ktorým je možné ich eliminovať, je diferencovanie meraní. (19) Pri statickej metóde trvá meranie aj niekoľko hodín, počas ktorých merajú dva, ale zväčša aj viac prijímačov simultánne. Metóda má uplatnenie pri budovaní polohových základov, v geodynamických sieťach a pri pozorovaní deformácií a posunov. Založená je na jednoduchom princípe, kedy jeden prijímač je situovaný na bode, ktorého súradnice sú známe a druhý na bode, ktorého súradnice sú primárne potrebné určiť s podmienkou, že počas merania bude viditeľný prístup signálov z najmenej 4 družíc na sledované body. (20) Dĺžku observácií na meraných bodoch ovplyvňujú viaceré faktory ako: dĺžka základne, množstvo frekvencií, počet družíc a v neposlednom rade požiadavky na presnosť. (17)

Tabuľka č. 1 Rozdelenie dĺžok merania základnice jednofrekvenčným prijímačom (18)

Základnica (km)	Trvanie merania (min)
1	20 - 35
5	25 - 45
10	35 - 60
20	55 - 90

4.2.2.2 Princíp kinematického merania v reálnom čase

Samostatnou časťou relatívnych kinematických meraní je metóda RTK. Aparatúra GPS pozostáva z dvoch prijímačov, a to z jednej referenčnej stanice, ktorá sa nepohybuje, a z druhej, pohyblivej stanice (rover). Tieto prijímače realizujú súbežné fázové merania a medzi nimi je trvalé rádiové spojenie prostredníctvom modemov, ktoré musia byť kompatibilné. Merané údaje z referenčného prijímača sa prenášajú do pohybujúceho sa prijímača pomocou rádiového spojenia (16), a to buď pozemnými vysielacími, GSM alebo internetom a GPRS. (19) Jedná sa o veľmi efektívny spôsob merania, vzhľadom k tomu, že výsledky sú okamžite známe. Pohybujúci sa prijímač má v sebe zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní, takže po inicializácii sa z meraní môžu tvoriť diferencie a uskutočniť celkové spracovanie relatívneho určovania polohy s využitím vysielaných efemeríd. (17) Na riešenie ambiguit treba niekoľko nameraných epoch – tzv. inicializácia, (19), ktorá sa vykonáva jedinou metódou a to OTF, na čo postačuje meranie po dobu 30 sekúnd. (17) Namerané údaje sa prenášajú vo formátoch RTCM 2.3 alebo RTCM 3.0 ako správy 18, 19 prípadne korekčné údaje referenčnej stanice ako správy 20, 21. (19)

4.3 Presnosť použitých metód GPS

Faktory, ktoré najviac vstupujú do stanovenia presnosti meraných súradníc metódou relatívnych fázových meraní sú:

- dĺžka intervalu merania
- množstvo družíc a ich rozmiestnenie zo zreteľom na merané body
- metóda spracovania, aplikované modely, stupeň eliminácie systematických chýb
- metódy riešenia ambiguit
- meranie na jednej alebo dvoch frekvenciách
- typ prijímača, antény a efemeríd družíc (17) (21)

Tabuľka č. 2 Presnosť určenia polohy jednotlivými metódami (18)

metóda merania	dĺžka merania	presnosť
statická metóda	20 min+2 min/km 10 min+1 min/km	5 mm + 0.5 ppm
rýchla statická metóda	20 min+2 min/km 10 min+1 min/km	10 mm + 1 ppm
polokinematická metóda	niekoľko epoch	20 mm + 2 ppm
RTK	niekoľko minút	10 mm + 2 ppm 20 mm + 2 ppm

5. ZÁKLADNÉ ÚDAJE A PARAMETRE PRE ZAMERANIE JAMY G

Lokalita: Poľnohospodárske územie Koš

Kraj : Trenčiansky

Okres: Prievidza

Obec: Koš

Katastrálne územie: Prievidza

Katastrálny úrad: Prievidza

Výmera pozorovaného územia: 32 ha

Súradnicový systém: S-JTSK

Výškový systém: Balt po vyrovnaní (Bpv)

Prístroj: GPS Leica System 1200,

Pomôcky: Statívy ZEISS, olovnice, meračské pásmo

Základné parametre jamy:

- Svetlý priemer jamy: 5 m
- Kóta povrchu: 275,6 m n.m.
- Kóta dna jamy: - 56,5 m n.m.
- Hĺbka jamy: 332,1 m

Výstuž: panelové prstence vysoké 32 cm, z 12 segmentov, 3 pätky jamového komína

Pre výpočet očakávaných deformácií a posuvov Jamy G boli použité nasledovné vstupy:

- premenný zálomový uhol $\mu = 66^\circ$
- geologická hrúbka sloja 10,5 m
- technologická výrubnosť 75,2 %
- hĺbka uhol'ného sloja $H = 260$ m
- mesačné postupy rúbania 40 m/mes.

6. MERAČSKÉ PRÁCE

V tejto časti práce sa širšie zaoberám primárnym popisom predmetného územia ako aj geodetickou stránkou, stabilizáciou a signalizáciou pozorovaných bodov, voľbou metódy merania a prístrojovým vybavením, ako aj jednoznačným popisom podrobného zamerania.

6.1 Popis lokality a časová koncepcia prác

Posudzovaná oblasť sa nachádza severo-východne od mesta Nováky vzdialeného od obce Koš 4 km, na mapových listoch PRIEVIDZA 3-2/21 a PRIEVIDZA 3-2/23 v mierke 1:1000. Pozorované územie je vo výmere 32 ha v otvorenom priestore na poľnohospodárskej pôde bez lesných porastov.

V rámci prípravných prác boli určené všetky parametre ako rozsah mapovaného územia a časový postup prác. Na základe terénnej obhliadky bolo stanovené prvé zameranie skutočného stavu ešte pred prejavmi poddolovania na deň 16.4.2009. Vymedzil sa interval opätovných polohových meraní pozorovacej siete v rozsahu 2 týždňov. V pravidelných týždenných etapách prebiehalo zameranie posunov bodu „G“, ktorý je umiestnený nad jamovým komínom.



Obr. č. 6. 1 Predmetné územie vo výmere 32ha

6. 2 Stabilizácia, signalizácia a osadenie pozorovacích bodov

Vzťažný bod, na ktorý sme sa pred každým meraním pripájali, bol bod číslo 54 1707 0001. Je stabilizovaný na pilieri, ktorý sa nachádza na streche administratívnej budovy v areáli závodu Bane Nováky, Hornonitrianskych baní Prievidza, a.s. Zapísaný je na Katastri nehnuteľností v Prievidzi a jeho elipsoidické súradnice v ETRS-89 sú:



Obr. č. 6. 2 Stabilizovaný bod na budove HBP

Tabuľka č. 3 Súradnice bodu

Číslo bodu	φ	λ	h
54 1707 0001	48° 43' 05.13387" N	18° 33' 20.76216" E	336.2244 m

Umiestnenie pozorovaných bodov neprebehlo klasickou hĺbkovou stabilizáciou, kde by skalný podklad podzemnej značky bol umiestnený hlbšie ako 2 m. Po konzultáciách bolo rozhodnuté, že návrh konštrukcie bodu bude vypracovaný tak, aby vyhotovenie a zastabilizovanie bodov prebehlo v režii Bane Nováky. S ohľadom na to, že stabilizované body sa nachádzajú v oblasti intenzívnej poľnohospodárskej činnosti, ich poloha bola zvolená tak, aby čo najmenej sťažovala zber úrody a zároveň aby nedochádzalo zo strany poľnohospodárov k ich poškodzovaniu - vid' schéma stabilizácie podľa náčrtu (príloha č.1). Na dočasnú signalizáciu pozorovacích bodov boli použité drevené kolíky o dĺžke 70 cm a o priereze 6x6 cm, ktoré boli označené žlto-modrou farbou pre lepšiu viditeľnosť pri terénnych prácach.



Obr. č. 6. 3 Stabilizovaný bod

6.3 Voľba metódy a výber pomôcok

Základnou požiadavkou pri výbere metódy merania bola presnosť a primeraná - čo najmenšia prácnosť v teréne vzhľadom na to, že sa predpokladal výkon týchto prác počas 2-4 rokov v intervale dvoch týždňov. Tieto podmienky bolo potrebné splniť. Za zodpovedajúcu metódu na pozorovanie stabilizovanej geodetickej siete bola zvolená kinematická metóda GPS. Statická metóda merania bola uplatnená pri pozorovaní posunov geodetického bodu „G“, tu išlo o časovo náročnejšiu metódu, ale poskytujúcu veľmi presné výsledky pre sledovanie práve jamového telesa.

Výberom prístrojového vybavenia boli taktiež splnené nároky na presnosť. Merania boli realizované pomocou dvojfrekvenčných aparatúr Globálneho systému na určovanie priestorovej polohy GPS (NAVSTAR).

6.4 Podrobné meranie bodov siete

Pozorovaciu sieť zostavili pracovníci OMG, ktorí navrhli meračskú sieť s uplatnením viacerých zásad. V mieste najväčších predpokladaných deformácií, t.j. v smere osí stenových porubov viedli tri hlavné pozdĺžne profily - číslo 1, 2 a 3. Prítom profily 1 a 3 prechádzali osou stenových porubov a profil číslo 2 bol vedený osou jamy G (v budúcnosti sa aj v profile č. 2 plánuje stenový porub). Profily číslo 4, 5, 6 a 7 sú umiestnené v kolmom smere na profily č. 1, 2 a 3. Zároveň profil číslo 7 prechádza osou jamy G.

Body 8-1 až 8-10 boli doplnené podľa požiadaviek Ing. Talicha (VÚGTK) pre lepšiu interpretáciu a výpočet pohybov horninového masívu. Umiestnené boli mimo pozorovacích priamok.

Vytýčenie siete bolo vykonané podľa navrhovaných parametrov pomocou GPS v požadovanej presnosti s prístrojovým vybavením, ktoré taktiež spĺňalo podmienky presnosti s nadväznosťou na technické predpisy.

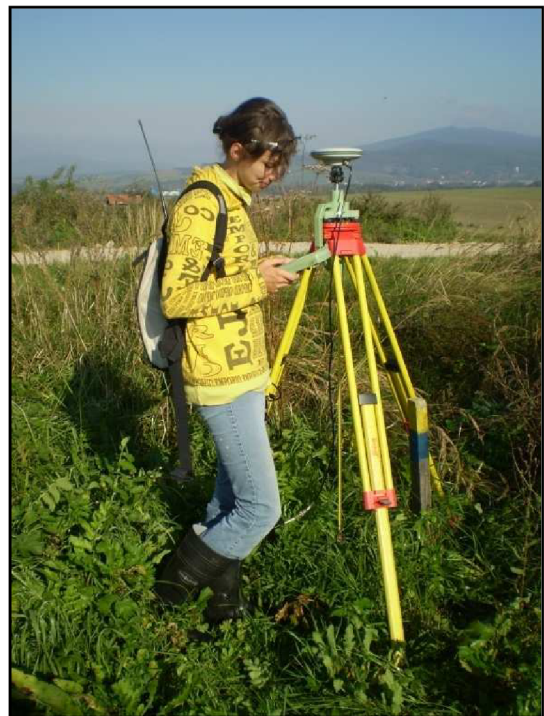
Zameranie geodetickej siete sa uskutočňovalo nasledovne. Pred samotným meraním bola na streche budovy umiestnená referenčná stanica na bode číslo 54 1707 000 a následne bolo spustené rádiové spojenie referenčnej stanice z pohybujúcim prijímačom.

Mobilnou stanicou bolo vykonané podrobné systematické zameranie 144 bodov vybudovanej meračskej siete. Meranie bolo realizované kinematickou metódou GPS. S ohľadom na veľkosť základnice do 5 km, bola na každom podrobnom bode vykonaná observácia so závislou centráciou minimálne 45 meraní. Meranie na jednom bode trvalo cca 1 minútu. Základné meranie bolo prevedené dňa 16.04.2009, prvé meranie bolo vykonané dňa 13.05.2009. Údaje z týchto meraní som prebrala a využila vo svojej práci. Pre široké frekventované časové obdobie nebolo pre mňa možné sa zúčastniť každého pozorovania.

Absolvovala som 12 meraní, ktoré som sa usilovala časovo uspošobiť na etapy v rôznych ročných obdobiach tak, aby ich výsledky boli výrazne diferencované.



Obr. č. 6. 5 Meranie na hrádzi



Obr. č. 6. 4 Meranie v poľnom teréne

Výšky antén boli merané vždy dvakrát, a to s presnosťou na 1 mm, na výpočet výsledku bola použitá metóda jednoduchého aritmetického priemeru. Polohová presnosť merania bodov pozorovacej siete bola vypočítaná podľa vzťahu: $\sigma = 5\text{mm} + 2\text{ppm}\cdot b$, kde b je vzdialenosť medzi referenčnou stanicou a pohybujúcim sa prijímačom. Vychádzalo sa

z parametrov dvojfrekvenčného prístroja Leica SYSTEM 1200, kde predpokladaná dosiahnutá presnosť pozorovaných bodov z vyššie uvedeného je horizontálna 10 mm + 1ppm a vertikálna 20 mm + 1ppm. (21)

6.5. Statické zameranie bodu „G“

Vzhľadom k tomu, že nebolo možné aplikovať progresívne metódy ako napríklad laserové skenovanie 3D laserom, pozorovanie deformácie komínového telesa sa riešilo kombináciou statického merania a fotogrametrie.

Pri likvidácii nadzemného objektu Jamy G bolo potrebné zabezpečiť vstupný otvor jamy, na tento účel bola vytvorená kovová konštrukcia z roxorov, pevne spojená s telesom jamy. Konštrukcia zároveň slúžila na umiestnenie pozorovacieho bodu „G“, ktorý bol vytýčený v osi jamového telesa. Tu bola umiestnená železná platňa s otvorom. Na platni boli upevnené tri vodiace koľajničky v smere strán rovnoramenného trojuholníka. Dve koľajničky boli pevne zafixované a jedna bola pohyblivá s aretáciou. Do nich sa vložila trojpodstavcová podložka s GPS anténou - vid' statické zameranie bodu G (obr. č. 6.6). Zhotovenie železnej konštrukcie prebehlo v réžii HBP, a.s. - Bane Nováky.



Obr. č. 6. 6 Statické zameranie bodu G

Zameranie sa vykonávalo v dvojtýždňových intervaloch a po vstupe do ochranného piliera v týždňových. Pred meraním zvislého banského diela bolo spustené rádiové spojenie s referenčnou stanicou, ktorá bola umiestnená na vzťažnom bode číslo 5417070001, ktorý bol stabilizovaný na budove HBP, a.s. - Bane Nováky. Meranie sa vykonávalo statickou metódou, kde bolo dodržané simultánne meranie na minimálne štyri družice s neprerušovaným príjmom signálu. Doba observácie bola stanovená po konzultáciách s dodávateľskou firmou GPS Leica systém 1200 na dĺžke merania minimálne 45 minút s dosahovanou presnosťou horizontálnou $3\text{mm} + 0,5\text{ppm}$, vertikálnou $6\text{mm} + 0,5\text{ppm}$, (21) ktorá postačovala podmienkam zadávateľa práce. Očakávaná presnosť bola splnená.

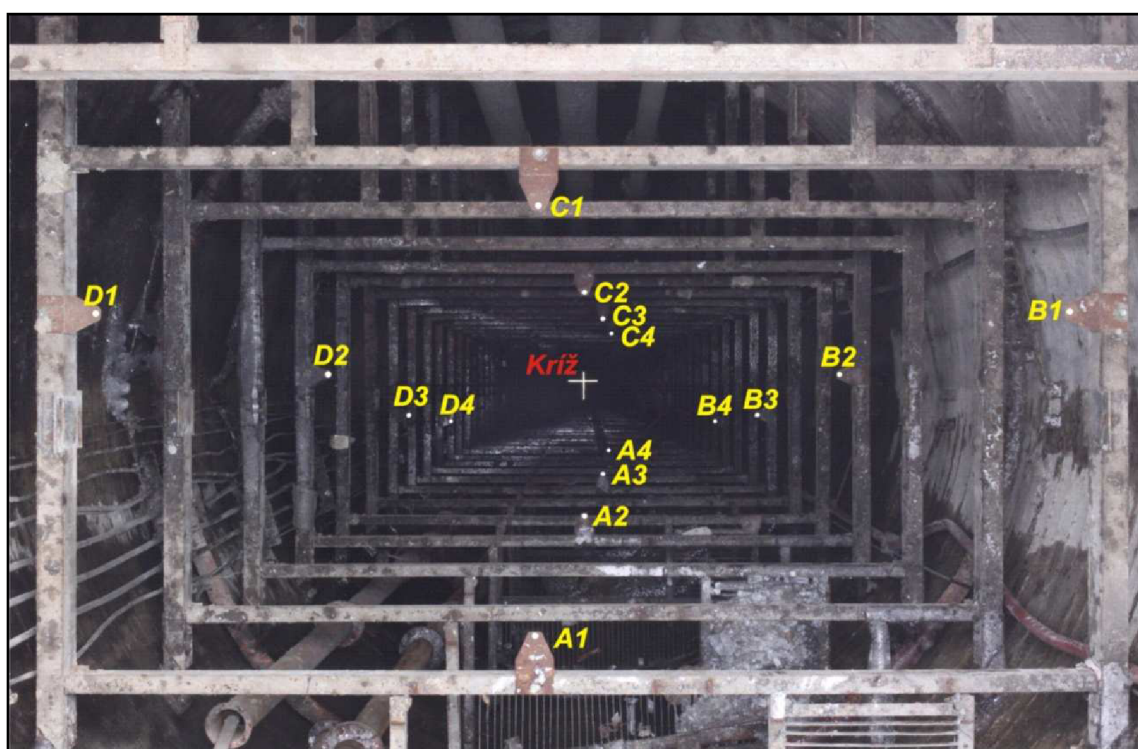
6.6. Fotogrametria

Nasledujúca metóda, o ktorej sa zmienim v práci len okrajovo, vzhľadom k jej rozsiahlosti je fotogrametrická metóda. Touto metódou sa prevádzali a určovali skutočné posuny zvislého banského diela v osiach x, y a z. Vyhotovenie prebiehalo v režii HBP, a.s. - Baňa Nováky za pomoci banských záchranárov – lezcov, ktorí na železnú konštrukciu navarili kovové pätky. Na pätkách boli umiestnené odrazové fólie o priemere 5 cm (reflexné body). Tieto pätky sa nachádzali na každej strane kovovej konštrukcie a boli umiestnené v štyroch etážach vzdialených od seba približne 9 m. V hĺbke 85 m bol namontovaný železný kríž z roxorov, ktorý je potiahnutý odrazovou fóliou.



Obr. č. 6. 7 Zameranie signalizovaných bodov zvislého banského diela

S ohľadom na možnosti, ktoré objekt poskytoval, bola ako alternatíva navrhnutá technológia jednosnímkovej digitálnej fotogrametrie, pomocou ktorej je možné určiť súradnice x a y, pokiaľ sú známe ďalšie parametre ako: poloha a orientácia kamery, prvky vnútornej orientácie a súradnica z, ktorá bola odmeraná laserovým diaľkomerom z kovovej konštrukcie banského diela a to z presnosťou 5 mm. Kamera je inštalovaná na kovovej platni slúžiacej tiež na meranie bodu „G“, kde v pravidelných etapách prebieha statické meranie metódou GNSS. Snímkovanie sa uskutočňuje tak, aby boli na snímke zobrazené všetky reflexné body. Spracovanie snímok, kalibráciu kamery a grafickú interpretáciu vypracoval Ing. Marek Fraštia.



Obr. č. 6. 8 Snímka banskej šachty s konštrukciou a reflexnými značkami

7. VYHODNOTENIE NAMERANÝCH DÁT

Vyhodnotenie a spracovanie výsledkov GPS merania som vykonala pomocou spracovateľského softvéru Leica Geo Office Combined v.5.0. Na všetky ostatné výpočty som použila program Microsoft Excel 2007. Metódu jedného pripojovacieho bodu som aplikovala na určenie geocentrických súradníc bodov pozorovacej siete. Vzťažný bod číslo 54 1707 0001 je zapísaný v katastri nehnuteľností a nachádza sa mimo dobývacieho priestoru a nepodlieha vplyvom banskej činnosti. Geocentrické súradnice referenčnej stanice v systéme ETRS-89 boli pri výpočte považované za nemenné. Súradnice bodov pozorovacej siete boli transformované z ETRS-89 do lokálnej siete referenčného systému S-JTSK. Nadmorské výšky bodov boli stanovené v systéme Bpv, kde bol použitý lokálny kvázigeoid denominovaný aj ako DVRM.

7.1 Vyhodnotenie výsledkov pozorovacej geodetickej siete

Pozorovanie vplyvov dobývania v ochrannom pilieri Jamy G na stabilizovanú geodetickú sieť bodov, bolo vyhodnotené v číselnej forme v programe Microsoft Excel 2007. V prílohe č. 2 (Kinematické meranie - ukážka) uvádzam vzorovo spracovaný výpočet kinematického merania jednej etapy zo dňa 5.10.2011, kde sú vyjadrené zmeny posunov vo vzťahu medzi základným meraním (16.4.2009) a posledným meraním (5.10.2011) a vo vzťahu medzi posledným a predchádzajúcim meraním (20.6.2011). Z týchto hodnôt sa následne dajú zobrazit' posuny pozorovacích bodov a pretvorenia terénu, vzhľadom k horizontálnemu a vertikálnemu smeru. Postupujúcim časovým obdobím etáp merania bodov geodetickej siete, boli niektoré stabilizované body zaplavené, zasypané alebo zničené. V tabuľke č. 4 (Posuny vybraných bodov profilu č.1 v časových etapách) prezentujem pohyby z vybraných meraných bodov všetkých etáp s porovnaním so závislosťou na čase od základného merania. Ďalej v prílohe č. 3 (Posuny bodov v závislosti na čase) pripájam obdobne spracované body, vybrané z pozdĺžnych profilov 2, 3 a z priečných profilov 4, 5, 6 a 7.

Tabuľka č. 4 Posuny vybraných bodov profilu č.1 v časových etapách nad stenou 107 071-95

bod č.	dátum	Δy [m]	Δx [m]	Δz [m]	Δyx [m]	Δyxz [m]	
1-9	13.05.09	0,005	-0,006	-0,014	0,008	0,016	
	03.06.09	0,017	-0,012	-0,034	0,021	0,039	
	02.09.09	0,752	-1,068	-2,819	1,306	3,106	
	30.11.09	0,974	-1,307	-2,996	1,630	3,410	
	15.02.10	1,028	-1,384	-3,029	1,724	3,485	
	19.04.10	1,044	-1,412	-3,035	1,756	3,506	
	02.06.10	1,057	-1,416	-3,047	1,767	3,522	
	22.09.10	1,069	-1,454	-3,093	1,804	3,581	
	10.02.11	1,078	-1,461	-3,094	1,815	3,587	
	20.06.11	1,082	-1,464	-3,105	1,820	3,599	
	05.10.11	1,094	-1,464	-3,104	1,827	3,602	
	28.03.12	1,101	-1,479	-3,103	1,844	3,609	
1-12	13.05.09	0,015	0,000	-0,008	0,015	0,017	
	03.06.09	0,019	-0,002	-0,019	0,019	0,027	
	02.09.09	-0,290	0,458	-1,138	0,542	1,261	
	30.11.09	0,141	-0,319	-7,396	0,348	7,404	
	15.02.10	0,273	-0,471	-7,525	0,544	7,545	
	19.04.10	0,327	-0,524	-7,575	0,617	7,600	
	02.06.10	0,336	-0,548	-7,610	0,642	7,637	
	22.09.10	0,370	-0,600	-7,628	0,705	7,661	
	10.02.11	0,367	-0,609	-7,635	0,711	7,668	
	20.06.11	0,386	-0,618	-7,652	0,728	7,687	
	05.10.11	0,396	-0,611	-7,661	0,728	7,696	
	28.03.12	0,404	-0,629	-7,667	0,747	7,703	
1-15	13.05.09	0,019	-0,014	-0,025	0,024	0,034	
	03.06.09	0,025	-0,016	-0,026	0,030	0,040	
	02.09.09	0,014	0,013	-0,051	0,019	0,054	
	30.11.09	-0,298	0,360	-1,747	0,467	1,808	
	15.02.10	0,008	-0,433	-7,168	0,433	7,181	
	19.04.10	0,187	-0,625	-7,413	0,652	7,442	
	02.06.10	bod zatopený					
	22.09.10	0,277	-0,778	-7,507	0,826	7,552	
	10.02.11	0,282	-0,802	-7,537	0,850	7,585	
	20.06.11	0,288	-0,803	-7,547	0,853	7,595	
	05.10.11	0,299	-0,820	-7,578	0,873	7,628	
	28.03.12	0,309	-0,824	-7,586	0,880	7,637	

Výsledky merania, vynímajúc tabuľkové zobrazenie, sú takisto zobrazené i v grafickom výstupe, a to v horizontálnom pohľade, a vo vertikálnych rezoch. Pritom najväčšie vplyvy dobývania sa prejavili na povrchu nad stenovými porubmi 107 071-95 a 107 099-95, ktorými sú taktiež vedené pozdĺžne profily č. 1 a č. 3. Pri exploitácii ložiska

bol nameraný (vertikálny) maximálny pokles 9,10 m na bode 3-15, a pre (horizontálny) maximálny pohyb 1,83 m na bode 1-09.

Z pohľadu zistenia deformácií terénu a sledovania zmien vplyvov dobývania ohradníka na deštrukciu komína Jamy G, predstavujú najvýstižnejšie výsledky merania vplyvov dobývania v pásme pozdĺžneho profilu č.2, ktorý bol za týmto účelom vedený osou predmetnej Jamy G. Z výsledkov nameraných hodnôt môžem stanoviť z profilu č.2 nameraný (vertikálny) maximálny pokles 0,81 m na bode 2-12, a pre (horizontálny) maximálny pohyb 0,56 m na bode 2-07. Na základe týchto výsledkov vieme predpokladať pohyb jamového telesa a obraz možnej deštrukcie naň. V prílohe č. 4 (Poklesové krivky profilov) pripájam tiež graficky spracované poklesy pozdĺžneho profilu č. 1, 2, 3 a priečnych profilov č. 4, 5, 6, 7.

Body profilu č. 7 v blízkosti telesa jamy podobne zachytávali priebeh deštrukcie jamového komína a poskytovali primárne vhodné výsledky vzhľadom k polohe voči jame, avšak v priebehu etáp merania bolo vzhľadom k poľnohospodárskym prácam, úpravám terénu a odstrelu jamy v oblasti Jamy G niekoľko z nich poškodených, zničených alebo zasypaných.

7.2 Vyhodnotenie statického zamerania bodu G

Statické zameranie bodu sa vykonávalo v pravidelných týždenných meraniach, avšak po vstupe do ochranného piliera bol pozorovací bod meraný dvakrát týždenne. S ohľadom na časovú náročnosť merania nebolo pre mňa možné absolvovať pravidelné meranie, ktoré vykonávali pracovníci OMG. Vzhľadom k tomu som vykonávala tieto merania len v období pozorovania geodetickej siete bodov. Základné meranie bolo vykonané dňa 20.10.2009, a prvé zameranie predmetného bodu 2.11.2009, tieto merania som prebrala do svojich výpočtov. Vyhodnotenie bodov som vykonala v programe Microsoft Excel 2007, v prílohe č. 5 uvádzam namerané a spracované súradnice a posuny Jamy G v etapách. Veľkosti posunov meraného bodu Jamy G uvádzam v tab. č. 5.

Tabuľka č. 5 Posuny bodu Jamy G v etapách

Statické zameranie osi Jamy G		Veľkosť zvislého posunu od základného merania [m]	Veľkosť posunu od základného merania [m]		Veľkosť posunu od posledného merania [m]	
Etapa	Dátum	ΔZ	ΔYX	ΔYXZ	ΔYX	ΔYXZ
M2	2.11.2009	-0,004	0,005	0,007		
M3	30.11.2009	-0,023	0,017	0,029	0,014	0,023
M4	15.2.2010	-0,217	0,093	0,236	0,084	0,211
M5	19.4.2010	-0,395	0,088	0,405	0,042	0,183
M6	4.6.2010	-0,52	0,049	0,523	0,057	0,137
M7	21.9.2010	-0,685	0,182	0,708	0,211	0,268
M8	10.2.2011	-0,724	0,214	0,755	0,036	0,053
M9	24.6.2011	-0,739	0,219	0,771	0,005	0,015
M10	13.10.2011	-0,759	0,227	0,793	0,009	0,022
M11	29.3.2012	-0,774	0,256	0,815	0,033	0,036

Z hľadiska dobývania nebola dodržaná jedna z hlavných podmienok, a to rýchlosť dobývania s vylúčením zastavenia ťažby, a to z akýchkoľvek príčin. V období 03/2010 bola pozastavená ťažba v oblasti pozdĺžneho profilu č.1 (nad stenou 107 071-95). To malo za následok zmenu horizontálneho posunu jamy a jej zvrat v horizontálnom pohybe - vid' viditeľný rozdiel hodnôt etapy M4 so zmenou etapy M5, M6.

8. ANALÝZA DEFORMÁCIÍ

Analýza polohových deformácií nepatrí k obvyklým geodetickým úlohám, s ktorými by sa geodeti stretávali vo svojej praxi bežne vzhľadom k tomu, že výpočty sú zložité. K ich spracovaniu sú potrebné softvérové nástroje a množstvo teoretických znalostí, preto bola táto úloha spracovaná vo VÚGTK v Zdíboch a jej autorom je Ing. Talich Milan, Ph.D. V mojej práci som využila webovú aplikáciu pre analýzu deformácií v poddolovanom území z opakovaných polohových meraní a mapových služieb WMS.

8.1. Princíp výpočtu analýzy deformácií

Pre rozsiahlosť danej problematiky sa budem snažiť len veľmi stručne a elementárne vyjadriť postup výpočtu. Z opakovaných meraní posunov bodov geodetickej pozorovacej siete sa vypočítali parametre diskretného vyjadrenia poľa posunov, tie sa interpolovali do štvorcovej siete a z nich sa spätne vypočítali parametre diskretného vyjadrenia poľa deformácií a tenzory napätia ako extenzia a kompresia. Podstata výpočtu sa opiera o teóriu mechaniky kontinua, pričom je nutné dosiahnuť homogenitu prostredia, táto skutočnosť bola zachovaná.

$d_i = (u_1, u_2, u_3)_i^T = x_i^o - x_i^t$ - vektor posunu bodu

kde: x_i^o - vektor súradníc bodu P_i ,

x_i^t - vektor súradníc bodu P_i aktuálny v čase t

$u = (u_1, u_2, u_3)^T = u(x) = (u_1(x), u_2(x), u_3(x))^T = d$, $x = (x, y, z)^T$ - vektor vyjadrený funkciou

Následne je tenzor deformácie v bode P_i definovaný ako gradient tejto funkcie v tomto bode:

$$E_i = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} \end{pmatrix}_i = \text{grad}(d_i) = \begin{pmatrix} \frac{\partial u_1}{\partial x} & \frac{\partial u_1}{\partial y} & \frac{\partial u_1}{\partial z} \\ \frac{\partial u_2}{\partial x} & \frac{\partial u_2}{\partial y} & \frac{\partial u_2}{\partial z} \\ \frac{\partial u_3}{\partial x} & \frac{\partial u_3}{\partial y} & \frac{\partial u_3}{\partial z} \end{pmatrix}_i$$

V poli pohybov platia nasledujúce vzťahy (Welsch, 1983): $d_i = E_i x_i + t$

kde: d_i - vektor posunu

E_i - gradient posunu

x_i - vektor súradníc

t - vektor prvkov translacie

Tenzor deformácie sa dá rozdeliť na dve časti: $d_i = e_i + \Omega_i = (e_{jl})_i + (\omega_{jl})_i$

kde: e_i – symetrický tenzor deformácie

Ω_i – asymetrický tenzor deformácie

$e_{jl} = (\varepsilon_{jl} + \varepsilon_{lj})$

$\omega_{jl} = (\varepsilon_{jl} - \varepsilon_{lj})$

Potom môžeme napísať: $d_i = (e_i + \Omega_i) x_i + t$

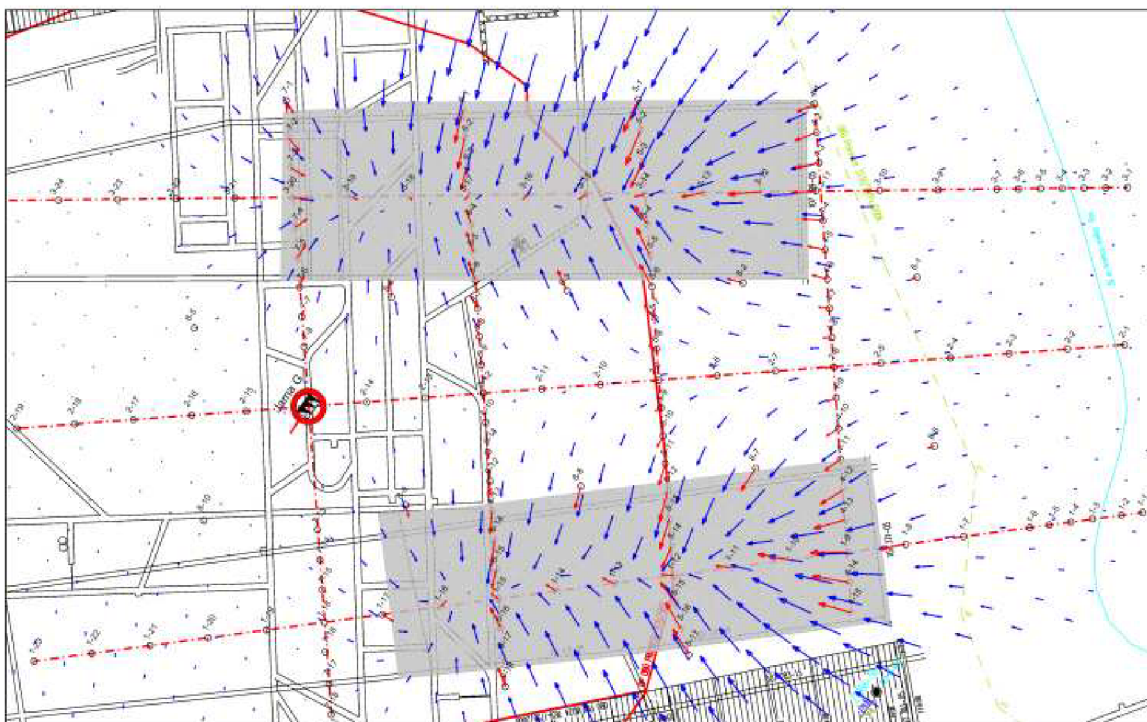
Z hodnôt e_i , Ω_i sa dajú určiť parametre deformácií, čo sa dá previesť aj do 3D riešenia, pre rovinu XY, XZ, YZ, alebo taktiež do lokálneho systému, kde sa priestorové posuny premietnu. Pri výpočte súradníc (vyrovnania siete) nie je nutné sa zaoberať podmienkami pre umiestnenie geodetickej siete v súradnicovom systéme, a teda ktoré body siete možno považovať za stabilné a ktoré nie. Podmienka, ktorú je podstatné zachovať a vyhnúť sa zdeformovaniu siete je dodržanie výpočtu vyrovnania siete ako siete voľnej, u ktorej je nutné voliť len nevyhnutný počet podmienok pre jej umiestnenie v súradnicovom systéme. Pre polohovú sieť so stanoveným rozmerom sú určené tri, pričom pre polohovú sieť bez určeného rozmeru sú dané štyri.

Vzhľadom k tomu, že voľba rôznych podmienok platná pre voľnú sieť so stanoveným rozmerom znamená len aplikáciu transformácie a rotácie, navzdory k čomu je výpočet deformácií nezávislý a dosahujú sa ním identické výsledky, čo reálne znamená, že nastáva úplná eliminácia chýb, ktoré spočívajú v zlých predpokladoch o stabilite určitých bodov, ktoré by pri výpočte posunu z opakovaných meraní nevykazovali zmeny. To utvrdzuje stanovisko, že len deformácie sú objektívnym kritériom, ktorým je možné odhaliť relatívne geodynamické zmeny. (7) (22) (23)

8.2. Výstupné hodnoty a grafické znázornenie

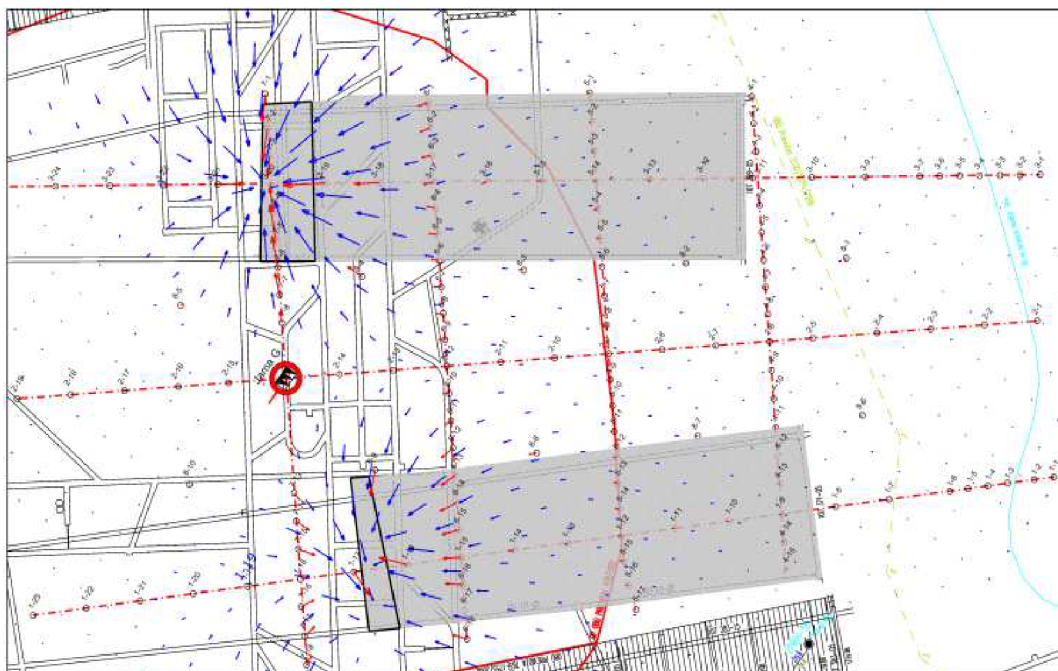
Vstupom do webovej aplikácie sú čísla bodov, hodnoty súradníc X, Y bodov geodetickej siete a hodnoty posunov, ktoré sú vypočítané ako rozdiel súradníc z etáp merania ΔX a ΔY , ktoré sú v textovom formáte. Ďalším vstupom sú obrázky mapových podkladov, ktoré poskytuje server s WMS, prípadne je možnosť vložiť vlastné mapové podklady.

Výstupom z webovej aplikácie je štvorcová sieť, v ktorej sú vypočítané hodnoty interpolovaných súradníc posunov bodov, určené hodnoty poľa deformácií a taktiež grafické prevedenie posunov a deformácií do mapy - vid' obrázok č. 8.1 a č. 8.2. Výstupy sú v formáte XML (GML, SVG), v textovom formáte, v grafickom ESRI Shapefile a KML pre vstup do Google Earth.



Obr. č. 8. 1 Porovnanie základného a posledného merania

- Vysvetlivky: → vypočítané hodnoty posunu (skutočný pohyb bodu)
→ vypočítané hodnoty interpolovaných posunov do štvorcovej siete



Obr. č. 8. 2 Porovnanie posledného a predposledného merania



Obr. č. 8. 3 Znáozornenie poľa deformácií z vložením do prehliadača Google Earth

Vysvetlivky: tenzory deformácií: → extenzia → kompresia

Po dosiahnutí výsledkov spracovania, je možné vidieť pole posunov, ktoré jasne podáva informácie o tom, ako územie pracovalo počas jednotlivých etáp geodetického pozorovania. Pri analýze skutočných a interpolovaných posunov je možné aplikovať tenzory deformácií, ktoré odzrkadľujú kompresiu a extenziu zemín v predmetnej lokalite, čím je opísaná geodynamika daného územia - vid' obr. č. 8.3

ZÁVER

Výsledkom bakalárskej práce je na základe opakovaného geodetických merania a sledovania vplyvov poddolovania určený výsledok analýzy posunov a deformácií numerického spracovania výsledkov meraní a grafického znázornenia pohybu jednotlivých pozorovacích bodov v priestore a čase. Z hľadiska prognózy udržateľnosti a funkčnosti ťažobného komína je explicitné, že vplyv poddolovania na deštrukciu ťažobného komína mal väčší vplyv ako bol stanovený projektantom. Vzhľadom k prekročeniu stanovených hodnôt projektantom boli aplikované opatrenia pre zachovanie funkčnosti jamy na čo najdlhšie obdobie:

- uzavretie poklopu protiprievalovej hrádzi
- týždenné prehliadky výstuže jamy do hĺbky 105 m
- meranie poklesu jamy dvakrát týždenne
- meranie prítokov vôd do jamy dvakrát týždenne

Tabuľka č. 6 Porovnanie polohových zmien nameraných hodnôt s hodnotami vypočítanými projektantom

Sledovaný parameter [m]	Predpoklad stanovený projektantom	Namerané hodnoty pri plneúčinnnej ploche			Aplikované hodnoty na bod "Jama G"
		profil 3	profil 1	profil 2	
Horizontálny posun	0,104	1,722	1,844	0,565	0,256
Vertikálny posun	-0,382	-9,112	-7,667	-0,821	-0,774
Celkový vektor pohybu	0,396	9,133	7,705	0,934	0,815

Z nasledujúcej tabuľky č. 6 je možné z nameraných hodnôt vidieť skutočný vplyv poddolovania na deštrukciu ťažobného komína, ktoré vykazujú viac ako dvojnásobné medzné odchýlky, určené projektantom. Vzhľadom k prekročeniu medzných hodnôt stanovených projektantom monitoring pokračuje, a naďalej sa zohľadňujú výsledky analýzy posunov a deformácií.

Pozorovaním územia sa predĺžila životnosť Jamy G, čím sa umožnil prívod veľkých vetrov do podzemia, otváranie, príprava a dobývanie úseku na roky 2010-2014. Taktiež významný vplyv, na ktorý je neodmysliteľne potrebné poukázať je, že bolo umožnené také technické riešenie dobývania uhlia, ktoré predstavuje aj priamy účinok na ekonomiku spoločnosti. V budúcnosti je možné využiť aposteriórne poznatky, ktoré daná úloha poskytuje na dobývanie iných častí bane s využitím viazaných zásob aj z iných ochranných pilierov.

BIBLIOGRAFIA

1. **PAUCO, M.; BLIŠŤAN, P.** Implementácia geografických informačných systémov do monitoringu a analýzy prejavov banskej činnosti.
http://actamont.tuke.sk/pdf/2007/s3/52paucoblisan.pdf. [Online] 3. 11 2011.
2. **NESET, K.** *Vlivy poddolování*. Praha: SNTL, 1984.
3. **ŽILAVÝ, B.** *Vplyvy poddolovania*. Bratislava: Alfa, 1968.
4. **FRAŠTIA, Marek.** *Fotogrametrické merania relatívnych posunov banskej šachty*. Rajec, 2010.
5. **ČERTÍK, P. a HAGARA, R.** *Vplyv dobývania ohradníka na deštrukciu komína "Jamy G" - Baňa Noáky*. Bratislava: Banské projekty Bratislava, 2009.
6. **BRAŽINA, M., a iní.** *Stabilita banského diela G-jama, . Kolokvium Ostravice*, 2010.
7. **BECK, J. a PLAKINGER, M.** *The "G-Shaft" and its Stability the Mining Licensed Area Nováky I. The Mining Fiels Nováky, Hornonitrianske bane Prievidza a.s. Nováky: Bana Nováky*, 2010.
8. **ČERTÍK, P. a HAGARA, R.** *Odborné stanovisko k ďalšiemu postupu rúbania stien č. 107099-95 a 107071-95*. Bratislava: Banske projekty Bratislava, 2009.
9. **KRUMPHANZL, V. a MICHALČÁK, O.** *Inženýrska geodézie II*. Praha: SNTL, 1975.
10. **BITTERER, L.** *Geodézia*. Žilina: Stavebná Fakulta ŽU, 2003.
11. **KOVANIČ, Ľudovít, MATOUŠ, Jiří a MUČKA, Aleš.** *Důlní měřictví*. Praha: SNTL, 1990.
12. **ŠVÁBENSKÝ, O., BUREŠ, J. a VITULA, A.** *Inženýrska geodézie I, M02 Geodézia ve stavebnictví*. Brno: VUT, 2006.
13. **HANZL, V.** *Fotogrametria, Modul 01, Teoretické základy fotogrametrie*. Brno: VUT, 2006.
14. **BITTERER, L.** *Základy fotogrametrie*. Žilina: Stavebná fakulta ŽU, 2005.
15. **MICHALČÁK, O., a iní.** *Inžinierska Geodézia I*. Bratislava: Alfa, 1985.
16. **PISCA, P.** *Globálne navigačné systémy*. Žilina: Stavebná fakulta ŽU, 2005.
17. **HEFTY, J. a HUSÁR, L.** *Družicová geodézia. Globálny polohový systém*. Bratislava: STU, 2003.

- 18. PAPČO, J.** *Metódy merania pomocou GPS a ich charakteristiky z hľadiska presnosti, rýchlosti a efektívnosti.* Bratislava: STU, 2005.
- 19. HEFTY, J.** *Teoretické základy meraní pomocou GNSS s využitím permanentných staníc.* s.l.: STU, 2008.
- 20. RAPANT, P. a SCHENK, J.** *Družicové polohové systémy.* Ostrava: VŠB - TU, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- 21. ŠVÁBENSKÝ, O., FIXEL, J. a WEIGEL, J.** *Základy GPS a jeho praktické aplikácie.* Brno: VUT, 1995.
- 22. AG,** Leica Geosystem. *Leica GPS 1200 Series, Technical data.* Heerbrugg, Switzerland, 2005.
- 23. TALICH, M.** Analýza deformáci v poddolovaných lokalitách z opakovaných polohových měření s využitím webové aplikace a mapových služeb WMS. <http://actamont.tuke.sk/pdf/2007/s3/41Talich.pdf>. [Online] 2007. ISSN 1335-1788.
- 24. TALICH, M. a HAVRLANT, J.**
http://www.fig.net/commission6/lisbon_2008/papers/pst02/pst02_05_talich_mc057.pdf. [Online] 2008.
- 25. ŠVÁBENSKÝ, O., BUREŠ, J. a VITULA, A.** *Geodézie v podzemných priestorách, M01 Důlní měřictví.* Brno: VUT, 2008.
- 26. L. HARTMAN, HOVARD.** SME Mining Engineering Handbook. <http://books.google.sk/books?id=Wm6QMRaX9C4C&pg=PA939&lpg=PA939&dq=HOWARD+L.+HARTMAN+MINE+SUBSIDE&source=bl&ots=sJEQDk75bo&sig=JYoA6q35AwUjbSkcNTN-qb0JtPk&hl=sk&sa=X&ei=4HHyTpOaF4GVouWZqZwB&ved=0CDMQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false>. [Online] 9. 11 2011.

ZOZANAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1. 1 Vplyv poddolovania v oblasti Jamy G.....	9
Obr. č. 1. 2 Poklesová kotlina a plene účinná plocha pre šikmé uloženie vrstiev (3)	11
Obr. č. 1. 3 Vplyv ťažby na povrchu (26).....	13
Obr. č. 1. 4 Maximálny pokles v celej oblasti ťažby (26)	13
Obr. č. 2. 1 Geologický profil územia	14
Obr. č. 3. 1 Likvidácia šachty Jamy G pre sprístupnenie ťažby	15
Obr. č. 3. 2 Kužeľový ochranný pilier pre šachtu.....	16
Obr. č. 6. 1 Predmetné územie vo výmere 32ha	23
Obr. č. 6. 2 Stabilizovaný bod na budove HBP	24
Obr. č. 6. 3 Stabilizovaný bod	24
Obr. č. 6. 4 Meranie v poľnom teréne.....	26
Obr. č. 6. 5 Meranie na hrádzi	26
Obr. č. 6. 6 Statické zameranie bodu G	27
Obr. č. 6. 7 Zameranie signalizovaných bodov zvislého banského diela	28
Obr. č. 6. 8 Snímka banskej šachty s konštrukciou a reflexnými značkami.....	29
Obr. č. 8. 1 Porovnanie základného a posledného merania	36
Obr. č. 8. 2 Porovnanie posledného a predposledného merania	37
Obr. č. 8. 3 Znázornenie poľa deformácií z vložení do prehliadača Google Earth	37

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

S-JTSK	system Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej
Bpv	Výškový system Balt po vyrovaní
VÚGTK	Výskumný ústav geodetický, topografický a kartografický
ppm	part per million = 10^{-6} , veličina vyjadrujúca závislosť na dĺžke chyba 1mm/1km
RTK	Real Time Kinematics – kinematická metóda v reálnom čase
GPRS	General Packet Radio Service - mobilná dátová služba prístupná pre používateľov GSM
OTF	On The Fly – metóda inicializácie na vyriešenie ambiguit počas pohybu
GNSS	Global Navigation Satellite System – služba, ktorá pomocou družíc poskytuje presné určovanie priestorovej polohy
GPS	Global Navigation Satellite System – globálny družicový system na určovanie polohy
RTCM	formát údajového súboru pre korekcie
PN	presná nivelácia
VPN	veľmi presná nivelácia
XML	eXtensible Markup Language - značkovací jazyk
SVG	Scalable Vector Graphics určený na opis grafiky.
Shapefile	formát vektorových dát
KML	Keyhole Markup Language je formát s gramatikou jazyka XML a súborový formát pre modelovanie a uloženie zemepisných prvkov
Google Earth	virtuálny glóbus

ZOZNAM PRÍLOH

1. Kinematické meranie hodnoty z jednej etapy	15 listov- ukážka
2. Schéma stabilizácie pozorovaného bodu	1 list
3. Posuny bodov v závislosti na čase	7 listov
4. Poklesové krivky profilov	7 listov
5. Súradnice a posuny Jamy G v etapách	2 listy
6. Postup stien	1 list
7. Grafické znázornenie deformácií WMS	3 listy