

Hodnocení stavu porušení pevného nadloží dobývaných slojí v závislosti na charakteru horského masivu

Assessment of failure condition of the extracted seams of the firm roof in dependence on the rock mass character

E. JIRÁNKOVÁ

VŠB – TU Ostrava, HGF, Institut geodézie a důlního měřictví

Abstract

As a result of the deposit caving, the original stress balance of the rock mass is affected; therefore, the stress always increases around the mined-out workings. The stress increase results in the stope surroundings compression distinguished by a certain surface subsidence measurable (the surface also features substantially smaller horizontal shifts as the second vector component of the general movement towards the mined-out workings metacentre). Determination of this subsidence value in relation to the extent and thickness of the mined-out workings is important to recognize the conditions under which a complete failure of the firm overlying layers occurred. At the first extraction in the area, that means failure in the whole thickness of overlying carboniferous rocks.

The contribution is concentrated especially on the presentation of the assessment method; owing to a small number of assessed cases, the results cannot be generalized.

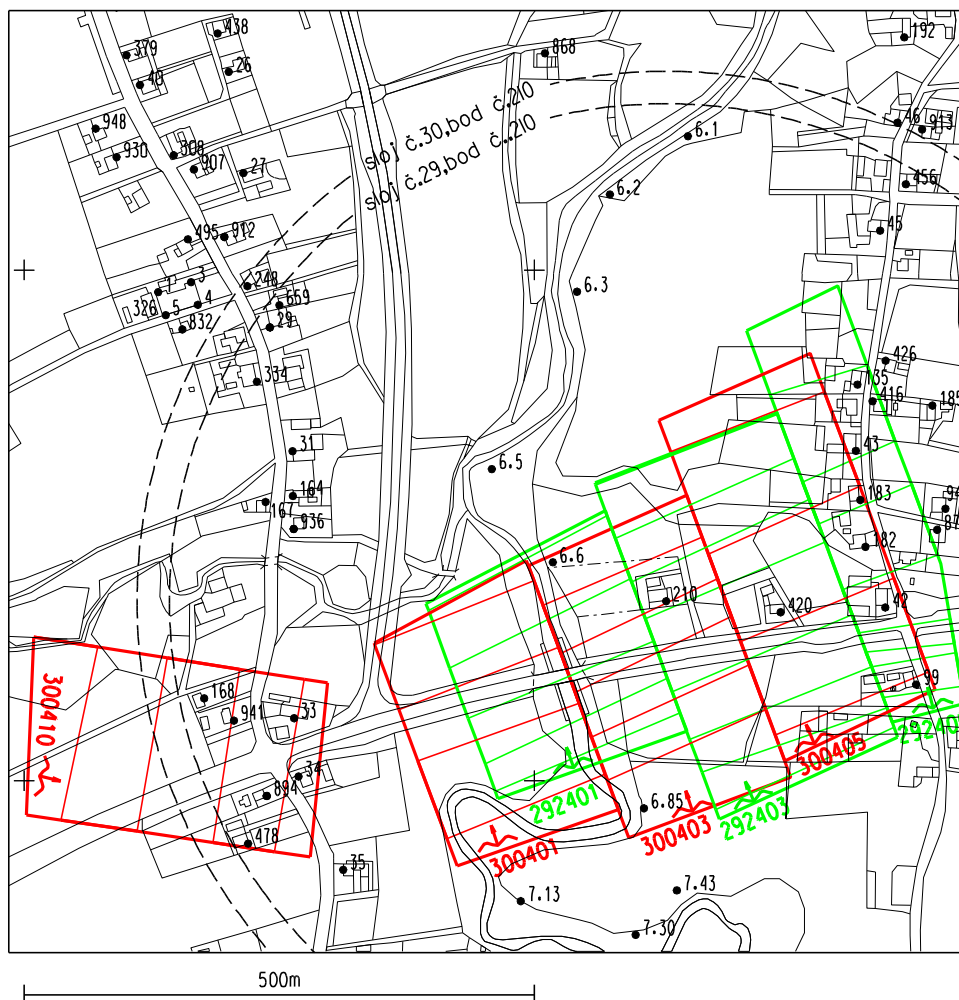
Úvod

V příspěvku jsou hodnoceny dvě oblasti. V první hodnocené oblasti 4. kry Dolu ČSM se jednalo o dobývání prvních dvou slojí v hloubkách cca 750 m a 800 m. V druhé hodnocené oblasti Žolnov bylo dobývání započato v části, která nebyla nadrubána a plynule přechází do nadrubané části. Průměrná hloubka dobývání druhé oblasti byla cca 660 m. U obou hodnocených oblastí je objasněn průběh porušování pevného nadloží dobývaných slojí na základě hodnocení poklesů povrchu vzhledem k dobývání a charakteru nadložních hornin.

Hodnocená oblast 4. kry Dolu ČSM - popis lokality

První dobývaná sloj č. 29 se nachází v hloubce cca 750 m pod povrchem, druhá sloj č. 30 v hloubce 800 m. Obě sloje patří k sušským vrstvám karvinského souvrství. Dobývání prvního porubu ve sloji č. 29 bylo zahájeno v červenci roku 1996 a dobývání posledního porubu ve sloji č. 30 hodnocené oblasti bylo ukončeno v květnu roku 2002. Situování jednotlivých porubů dobývaných slojí je zobrazeno obrázkem č. 1. V celé sledované oblasti probíhalo dobývání metodou směrného stěnování na řízený zával.

V hodnocené oblasti 4. kry Dolu ČSM probíhala periodická měření výšek povrchových bodů od roku 1993 s půl ročním intervalem až do současnosti. Povrchové body jsou stabilizovány pomocí čepových značek do soklů zděných budov. Obrázek č. 1 vypovídá o vzájemné poloze povrchových pozorovacích bodů a půdorysného zobrazení dobývaných ploch.



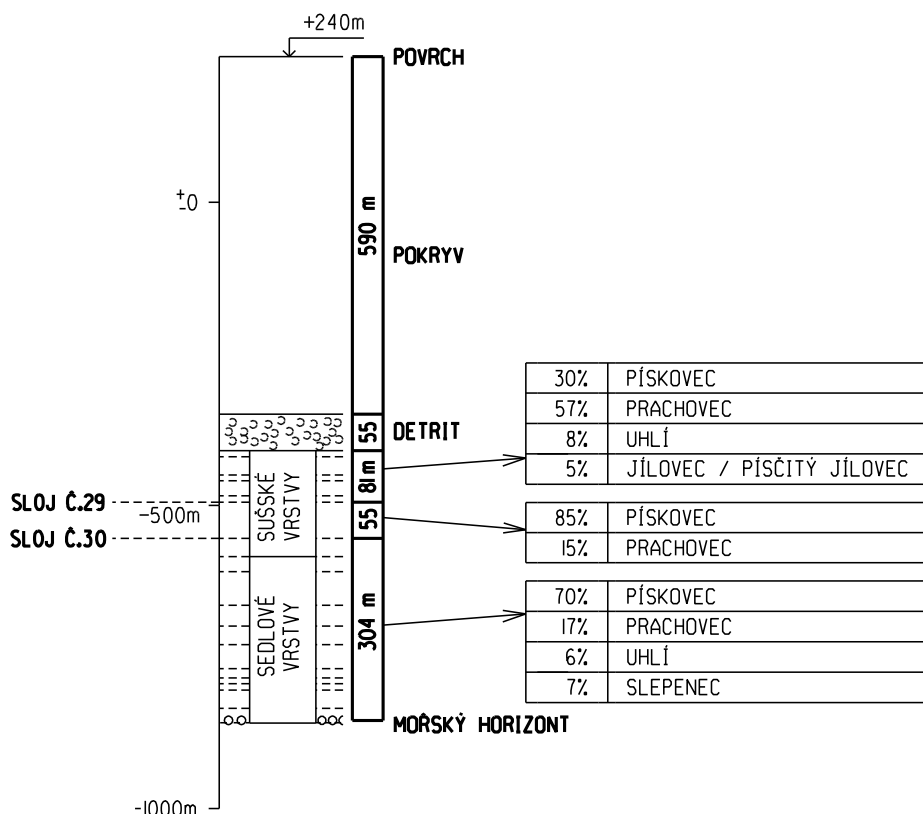
Obr. 1. Situace dobývaných porubů a povrchových bodů
Fig. 1. Situation of mined faces and surface points

Informace o geologických podmínkách byly získány z vrtu ČSM 147 a z geologického řezu vedeným tímto vrtem (Obr. 2.). Poloha vrtu ČSM 147 vůči dobývaným porubům je znázorněna na obrázku č. 3. Z obrázku č. 2 vyplývá, že je v dané oblasti velká mocnost pokryvu – cca 590 m a mezi pokryvem a pevnými karbonskými vrstvami se nachází cca 55 m mocná vrstva detritu (JIRÁNKOVÁ ET AL., 2005).

První dobývanou slojí je sloj č. 29, která je situovaná cca 80 m pod detritem. Dobývaná mocnost sloje č. 29 se pohybuje v rozmezí 1,7 – 4,1 m. Hloubka uložení

dobývané části sloje č. 29 pod povrchem je 700 – 830 m. Karbonské horniny v nadloží sloje č. 29 jsou tvořeny převážně prachovcem (57%) a pískovcem (30%).

Další dobývaná sloj č. 30 se nachází cca 55m pod slojí č. 29. Dobývaná mocnost sloje č. 30 se pohybuje mezi 2,3 – 4,5 m. Hloubka dobývané části sloje č. 30 pod povrchem je 750 – 880 m. Meziloží mezi slojemi č. 29 a č. 30 tvoří převážně pískovce (85%) a prachovce (15%).



Obr. 2. Charakter horninového prostředí v linii vrtu ČSM 147
 Fig. 2. Character of rock environment in the line of borehole ČSM 147

Dobývaná oblast je vymezena dvěma výraznými zlomy, jejichž průběh, úklon a výška zlomů je znázorněna na obrázku č. 3. V předpolí dobývaných porubů se nachází širší tektonické pásmo, poruby byly dobývány od tohoto tektonického pásma.

Problematiku časoprostorového vytváření poklesové kotliny v závislosti na charakteru horského masivu jsem podrobně uvedla ve své disertační práci (JIRÁNKOVÁ 2007). V tomto příspěvku uvedu pouze výsledky hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží a výsledky hodnocení stavu porušení pevného nadloží.

Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží (4. kry Dolu ČSM)

Podrubané nadložní horniny ve vrstevnatém pohoří jsou namáhány tahem za ohybu. Pevnosti v tahu za ohybu se však velmi obtížně stanovují, protože je nemůžeme

zkoumat na vrtném jádru, které je orientováno kolmo na vrstvy. Pro posuzování porušování nadložních hornin při dobývání se běžně bere v úvahu pevnost v tlaku (PETROŠ ET AL., 2005). Pro jednotlivé makropetrografické typy hornin sušských vrstev jsou v tabulce č. 1 uváděna rozmezí hodnot pevností v tlaku a orientační průměrná hodnota.

Tab. 1. Hodnoty pevností v tlaku
Tab. 1. Compressive strength values

vrstvy sušské	jílovec	prachovec	pískovec jemnozrný	pískovec střednozrný	pískovec hrubozrný	slepenec
pevnost v tlaku	50 – 60	57 – 124	66 – 129	50 – 142	72 – 116	67 – 103
σ_{Pd} (MPa)	55	80	90	90	90	80

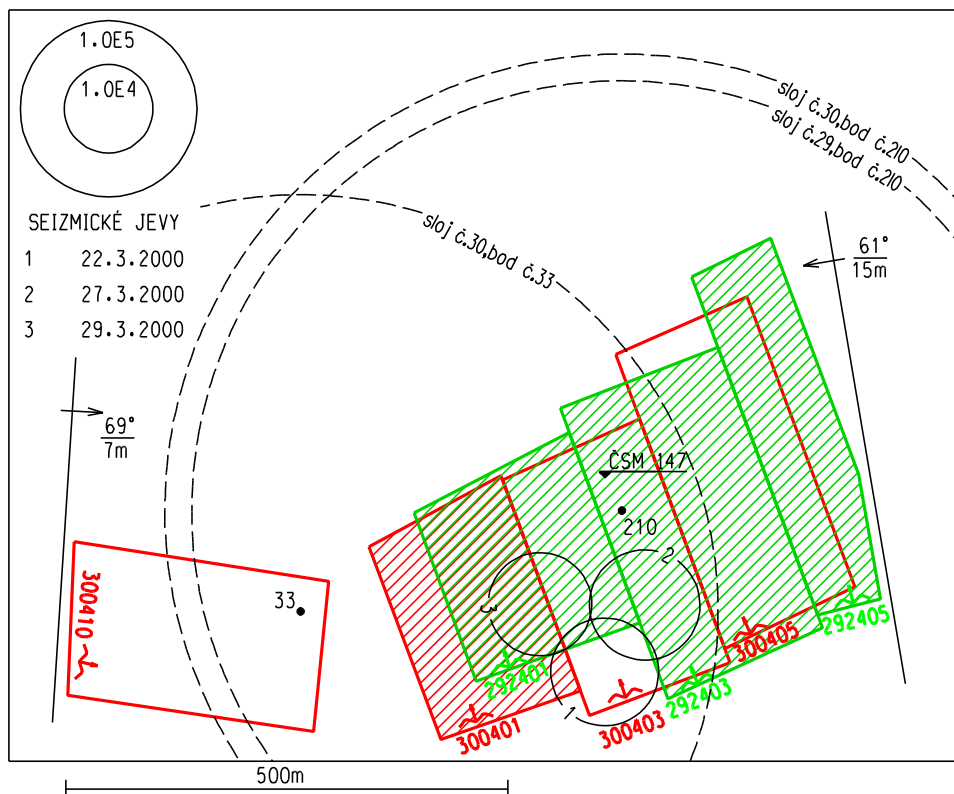
Jak bylo uvedeno v předchozím, v dané oblasti se jedná o první dobývání. Proto při hodnocení porušování horského masivu je nutné brát v úvahu celou mocnost neporušených nadložních vrstev až po rozhraní karbonský masiv - pokryv. Z geologické charakteristiky vyplývá, že nad první dobývanou slojí č. 29 se nachází 81 m pevných neporušených vrstev karbonského souvrství. Karbonské horniny v nadloží sloje č. 29 jsou tvořeny prachovcem (57%), pískovcem (30%), uhelnými slojemi v nebilančních mocnostech (8%) a jílovcem (5%). V tabulce č. 2 jsou uvedeny součty mocností jednotlivých makropetrografických typů nadložních hornin h_i .

Tab. 2. Mocnosti vrstev v nadloží sloje č. 29
Tab. 2. Overlying layers thicknesses in the seam No. 29

i	hornina	procentuální zastoupení (%)	mocnost nadloží (m)	mocnost vrstvy h_i (m)
4	prachovec	57	81	46,17
3	pískovec	30		24,30
2	uhlí	8		6,48
1	jílovec	5		4,05
suma				81

Pro hodnocení pevného nadloží je optimální volit metodiku klasifikace podle součinitele neohebnosti k_{pn} . Výhodou této charakteristiky je to, že výsledná hodnota k_{pn} zahrnuje všechny hlavní ovlivňující činitele, kterými jsou mocnost, pevnost a celistvost pevných nadložních vrstev.

Výsledkem hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží sloje č. 29 je součinitel neohebnosti, jehož hodnota je 6,72.



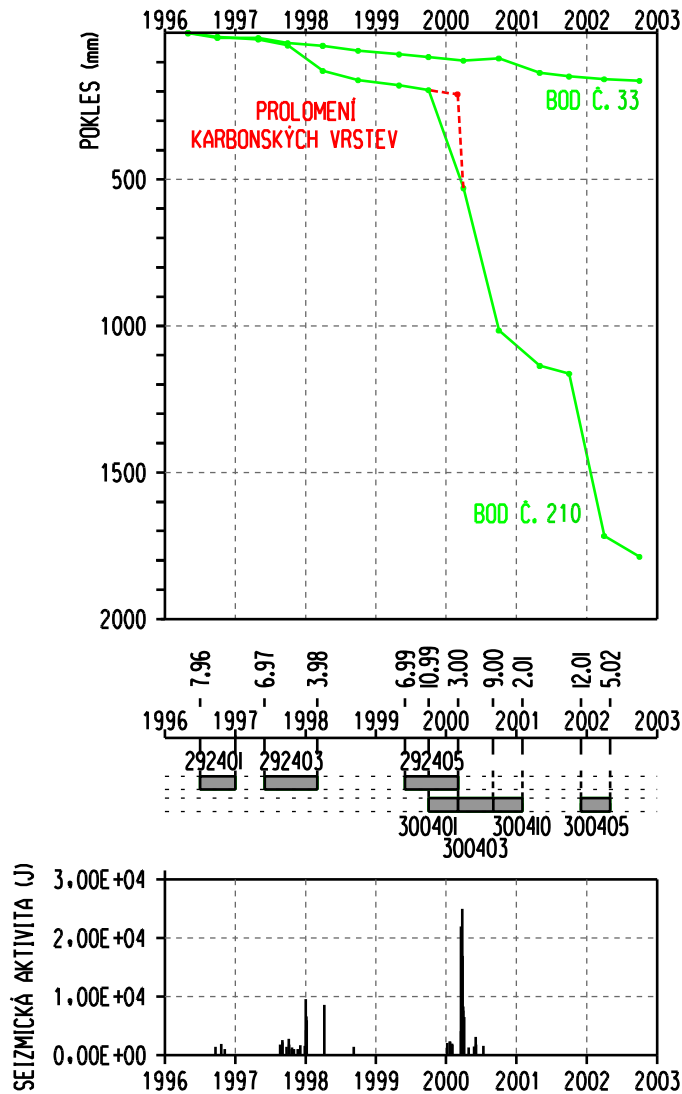
Obr. 3. Stav vydobytí porubů v době prolomení
Fig. 3. Situation of working out of the faces at the time of failure

Hodnocení stavu porušení pevného nadloží (4. kry Dolu ČSM)

Pro hodnocení stavu porušení pevného nadloží byl vybrán povrchový bod č. 210, který se nachází zhruba nad těžištěm dobývaných ploch a byl zaměřen při všech periodických výškových měřeních povrchu. Poloha povrchového bodu č. 210 je graficky znázorněna na obrázku č. 2. Za počáteční měření pro výpočet poklesů jsou považovány hodnoty výšek naměřené v dubnu 1996, tedy tři měsíce před zahájením dobývání ve sledované oblasti.

V časovém období od července 1996 do března 1998 byly vyrubány poruby č. 292401 a č. 292403 a pak následovala 15 – ti měsíční přestávka v dobývání, během níž docházelo k postupnému uklidnění pohybů povrchu. Z vyhodnocení vyplývá, že došlo:

- k vytvoření klenby nad vydobytým prostorem, na které dochází k zastavení porušování výše uložených karbonských hornin (obr. 4.)
- vytvořením klenby nad vydobytým prostorem dochází k vysokému přetížení v okolí vydobyté plochy a ke stlačení hornin v okolí vydobyté plochy
- stlačení hornin v okolí vydobyté plochy způsobilo pokles nadloží v celé ovlivněné části včetně poklesu klenby nad vydobytým prostorem. Na povrchu vznikla charakteristická poklesová kotlina, ale poklesy neodpovídají vydobyté mocnosti. Porovnání naměřených poklesů povrchu s teoretickým výpočtem statických poklesů pro $a=0,18$ je zpracováno v řezu (Obr. 5.)

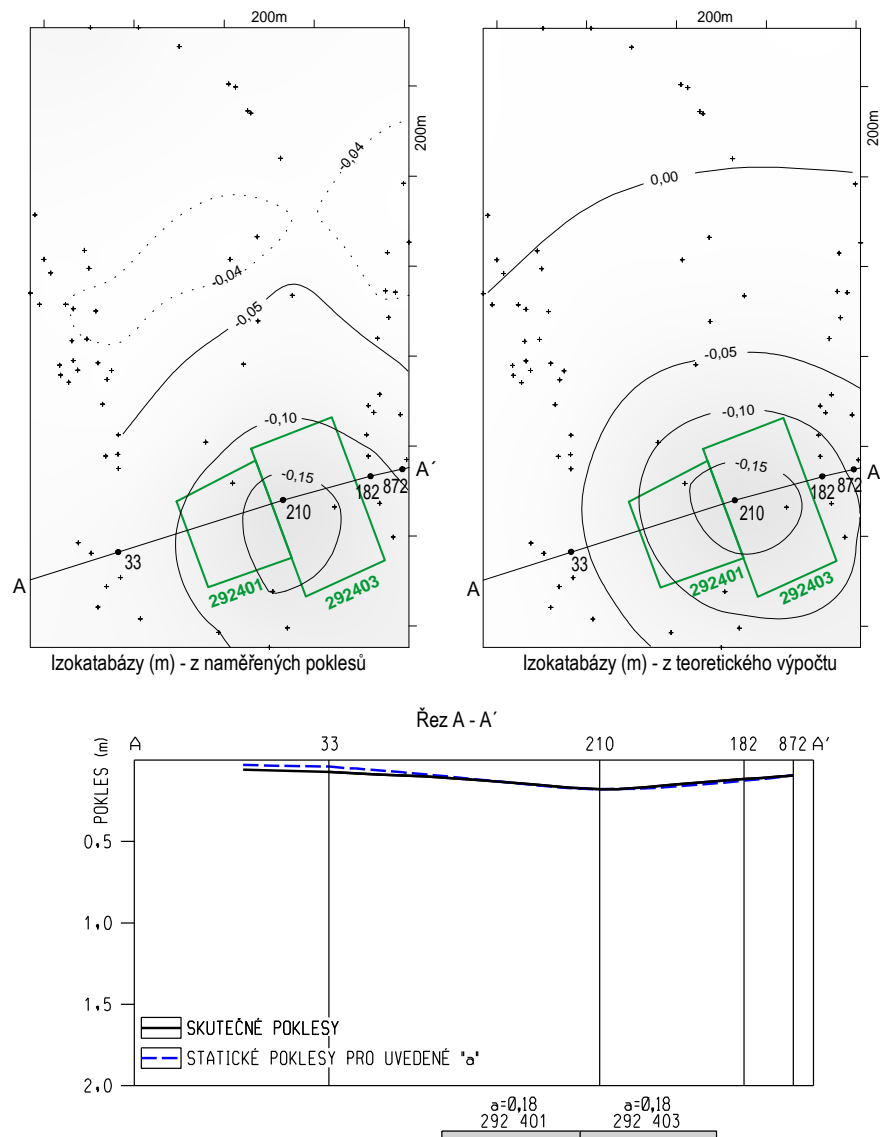


Obr. 4. Současné hodnocení poklesů povrchu a seizmické aktivity
 Fig. 4. Assessment of surface subsidence and seismic activity

V období od června 1999 do února 2001 byly vydobyty poruby č. 292405, 300401, 300403, 300410 po nichž následovala 10 – ti měsíční přestávka v dobývání, během níž se začínají pohyby povrchu uklidňovat. Vyhodnocení tohoto období se vyznačuje následujícími aspekty:

- z hodnocení stavu horského masivu na základě pozorování poklesů povrchu a dobývání jednotlivých porubů vyplývá, že v době zahájení dobývání poruby č. 300403 došlo k prolomení pevného nadloží až po rozhraní karbonský masiv - pokryv (Obr. 4.)
- doba prolomení vytvořené klenby v pevném nadloží byla upřesněna vyhodnocením seizmologických záznamů z předmětné oblasti (obr. 4.)

- v povrchovém bodě č. 210, který je ve vlivu dobývání (porubem č. 292403 a č. 300403 je přímo podrubán), byl naměřen pokles vlivem stlačení hornin před porušením klenby o hodnotě 195 mm. Na základě hodnocení předchozího vývoje poklesů před porušením klenby se ve skutečnosti mohlo jednat až o cca dvojnásobnou hodnotu poklesu bodu č. 210. Mezi posledním měřením poklesů a dobou, kdy došlo k porušení klenby uběhlo cca 5 měsíců, během nichž byla rozšířena vydobytá plocha o výrub porubu č. 300401 a dovýrub porubu č. 292405 (obr. 4.)
- v konkrétním hodnoceném případě došlo k prolomení pevného 81 m mocného nadloží až po rozhraní karbonský masiv - pokryv po vydobytí cca 170 000 m² půdorysné plochy s délkou cca 550 m a šířkou cca 320 m (obr. 3.) Mechanický charakter horninového prostředí byl charakterizován hodnotou součinitele neohebnosti 6,72. Nutno dodat, že podél východní hrany výrubu se nachází výrazná tektonická porucha, která ovlivnila postupné utváření poklesové kotliny
- vlivem prolomení celé mocnosti pevných hornin se začnou dříve rozrušené horniny nebo nepevné horniny pokryvu rychle přemísťovat
- rychlost poklesů je vysoká vlivem vyplňování volných prostor nepevnými horninami
- prolomení pevného nadloží způsobí snížení napětí v dříve značně přitížené oblasti kolem výrubu. To vyvolá odlehčení hornin a tím posunutí směrem nahoru. V oblasti dříve značně přitížené tak může dojít i k relativnímu zvednutí povrchu
- zvednutí povrchu je částečně eliminováno rychlým nárůstem poklesů povrchu po prolomení (obr. 4.)
- v hodnoceném případě bylo na povrchových bodech situovaných v severní a západní části sledované oblasti naměřeno zvednutí povrchu v rozmezí 7 –11 mm
- z naměřených hodnot poklesů v povrchovém bodě č. 33 vyplývá, že k prolomení vytvořené klenby v nadloží nad vydobytým porubem č. 300410 dosud nedošlo (obr. 4.)
- z porovnání naměřených poklesů povrchu a teoretického výpočtu statických poklesů pro $a = 0,56$ (obr. 6.) vyplývá, že v západní části lokality se naměřené poklesy výrazně odlišují od teoretických hodnot. Nedochozí k následnému postupnému porušování celé mocnosti pevného nadloží a následkem toho se vytváří strmý svah poklesové kotliny

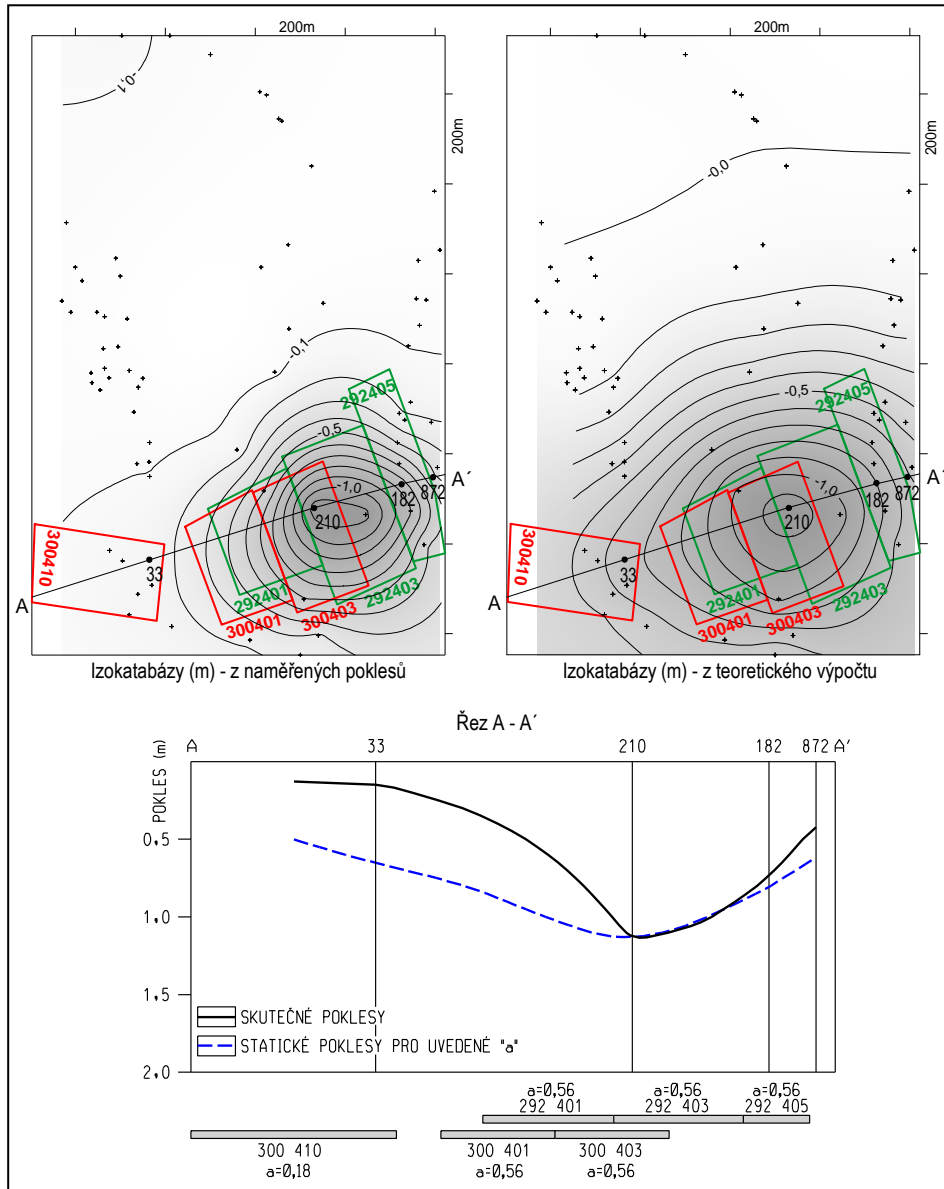


Obr. 5. Izokatabázy a řez A - A' - květen 1999
 Fig. 5. Isokatabases and cross-section A - A' as of May 1999

Dobývání porubu č. 300405 probíhalo od prosince 2001 do května 2002. Od ukončení dobývání tohoto porubu do doby posledního měření poklesů povrchu uplynulo pět měsíců. Období dobývání porubu č. 300405 se vyznačuje:

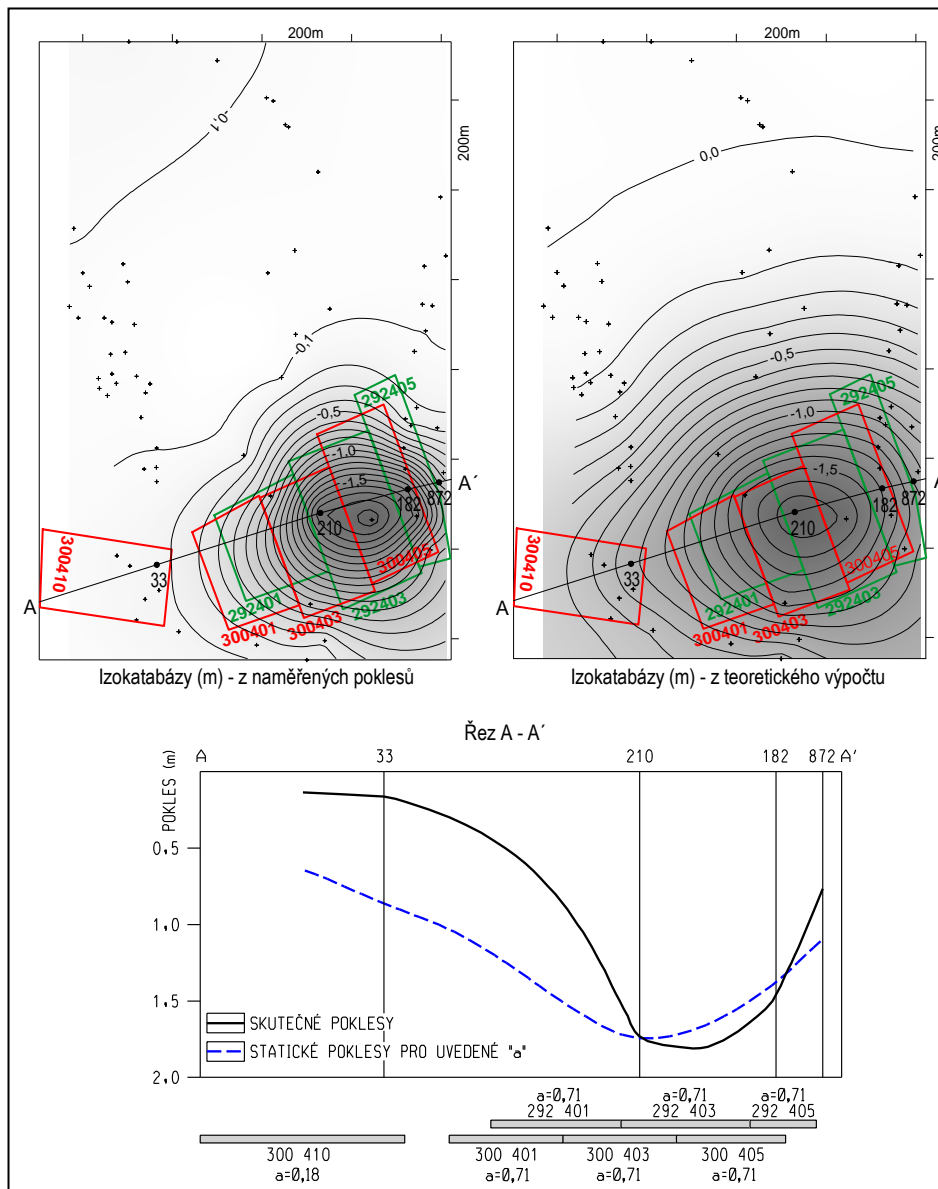
- rychlým nárůstem poklesů v již vytvořené oblasti největších poklesů, přičemž k postupnému plošnému rozšiřování této oblasti už nedochází
- výrazná tektonická porucha, která probíhá podél východní hrany výrubu, výrazně ovlivnila průběh utváření poklesové kotliny (Obr. 7.). Došlo k sesunutí vrstev v nadloží, a tím se oblast největších poklesů povrchu vytvořila blíž k tektonice, mimo půdorysné těžiště vydobytých ploch, jak se předpokládá při statickém výpočtu

- z rozdílů hodnot naměřených a teoretických poklesů pro $a = 0,71$ v západní části lokality (Obr. 7.) vyplývá, že nedochází k postupnému porušování celé mocnosti pevného nadloží. Vzniklé převisy neporušených karbonských vrstev se svým vetknutím do nepodrubaného nadloží podílejí na značném přitížení západní oblasti



Obr. 6. Izokatabázy a řez A - A' - říjen 2001

Fig. 6. Isokatabases and cross-section A -A' as of October 2001



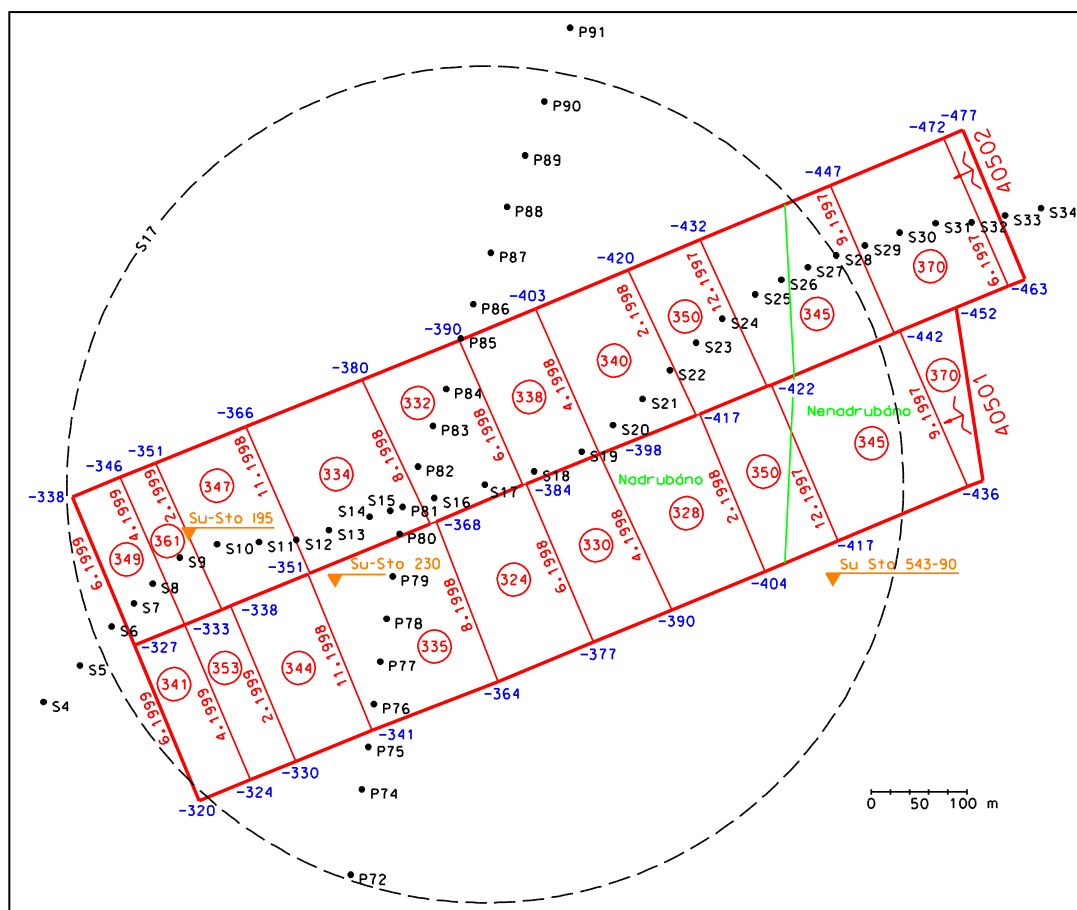
Obr. 7. Izokatabázy a řez A - A' - říjen 2002
 Fig. 7. Isokatabases and cross-section A -A' as of October 2002

Hodnocená oblast Žolnov - popis lokality

Dobývání hodnocených porubů č. 40501 a č. 40502 v oblasti Žolnov probíhalo v době od června 1997 do června 1999. Dobývaná část sloje č. 40 je nachází cca 660 m pod povrchem a patří k sedlovým vrstvám karvinského souvrství. Dobývaná mocnost se pohybuje mezi 3,2 – 3,7 m. Oba poruby byly dobývány metodou směrného stěnování na řízený zával.

V oblasti Žolnov se nejedná o první dobývání. Na obrázku č. 8 je vyznačena část nadloží porubů č. 40501 a č. 40502, která byla nadrubána a nenadrubána. Dobývání ve sloji č. 40 bylo zahájeno v nenadrubané části, přibližně po 340 m směrné délky se dobývání dostává do nadrubané části.

Za účelem periodických měření výšek povrchu byly navrženy dvě pozorovací přímkové, jedna v podélném a druhá v příčném směru dobývaných porubů. Měřické body byly stabilizovány pomocí čepových nivelačních značek osazených do patek betonových sloupů elektrického vedení. Situování porubů č. 40501 a č. 40502 a poloha povrchových bodů je zobrazeno na obrázku č. 8.



Obr. 8. Situace dobývaných porubů a povrchových bodů
Fig. 8. Situation of mined faces and surface points

V hodnocené oblasti Žolnov probíhala periodické měření výšek povrchových bodů od června 1997 s časovým intervalem 3 měsíců v počáteční fázi pohybů, s časovým intervalem 2 měsíce v intenzivní fázi pohybů. Po ukončení dobývání byla provedena dvě měření povrchu, poslední měření bylo uskutečněno v listopadu 2000 (KAPICA, 2002).

Informace o geologických podmínkách byly získány z vrtu Su – Sto 230 (obr. 9.), jehož poloha je zakreslena na obrázku č. 8. Vzhledem k tomu, že v oblasti Žolnov se nejedná o dobývání první sloje jak tomu bylo v hodnocené oblasti ČSM, bude se zde za mocnost pevného nadloží považovat mocnost meziloží k dřívější dobývané sloji, u které došlo k prolomení pevných nadložních hornin. Předchozí dobývanou slojí, u které došlo k prolomení je sloj č. 38a. Mocnost meziloží sloje č. 38a (Obr. 9.) a hodnocené sloje č. 40 je cca 56 m. Pevné meziloží je převážně tvořeno pískovcem (56%), dále

prachovcem (23%), slepenecem (20%) a uhelnými slojemi v nebilančních mocnostech (1%).

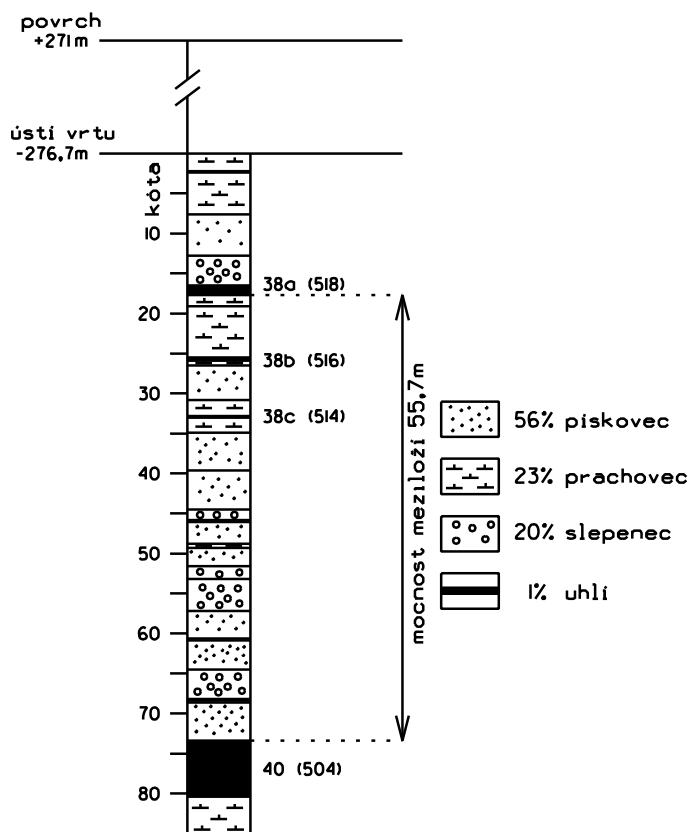
Hodnocení mechanického charakteru hornin pevného nadloží (Žolnov)

Při hodnocení mechanického charakteru hornin v oblasti Žolnov bylo použito průměrných hodnot pevností v tlaku pro sedlové vrstvy uvedených v tabulce č. 3.

Tab. 3. Hodnoty pevností v tlaku
Tab. 3. Compressive strength values

vrstvy sedlové	jílovec	prachovec	pískovec jemnozrný	pískovec střednozrný	pískovec hrubozrný	slepenec
pevnost v tlaku	21 – 81	30 – 132	47 – 125	58 – 123	56 – 98	62 – 102
σ_{Pd} (MPa)	70	80	80	80	80	80

Je nutné zdůraznit, že v oblasti Žolnov se za pevné nadloží sloje č. 40 považuje mocnost meziloží k předchozí dobývané sloji č. 38a (Obr. 9.) a to pouze pro nadrubanou část.



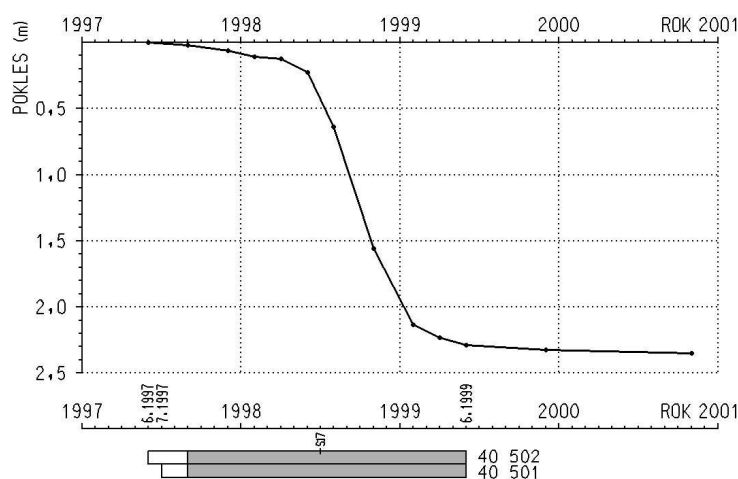
Obr. 9. Charakter horninového prostředí v linii vrtu Su-Sto-230
Fig. 9. Character of rock environment in the line of borehole Su-Sto-230

V části nenadrubané se za pevné nadloží musí považovat celá mocnost karbonských hornin v nadloží. V tabulce č. 4 jsou pro nadržanou část uvedeny makropetrografické typy hornin jednotlivých nadložních vrstev, součet mocností jednotlivých typů hornin h_i a jejich procentuální zastoupení z celkové mocnosti pevného meziloží.

Tab. 4. Mocnosti vrstev v nadloží sloje č. 40
Tab. 4. Overlying layers thicknesses in the seam No. 40

i	hornina	procentuální zastoupení (%)	mocnost nadloží (m)	mocnost vrstvy h_i (m)
4	pískovec	56	55,7	31,19
3	prachovec	23		12,81
2	slepenec	20		11,14
1	uhlí	1		0,56
suma				55,70

Výsledkem hodnocení je hodnota součinitele neohebnosti 4,85 pro část nadržanou.



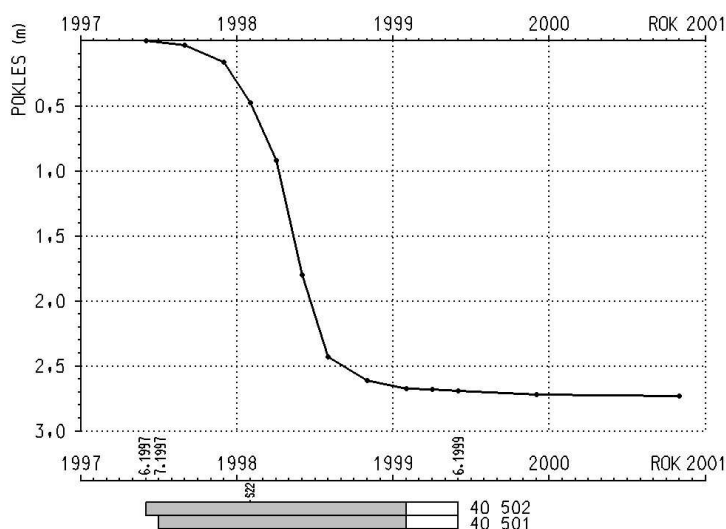
Obr. 10. Poklesová křivka bodu č. S17
Fig. 10. Subsidence curve of point No. S17

Hodnocení stavu porušení pevného nadloží (Žolnov)

Pro hodnocení stavu porušení pevného nadloží byly vybrány body č. S17 a č. S22. Povrchový bod č. 17 je situován přibližně nad těžištěm vydobytých ploch, proto je největší hodnota teoretického statického poklesu právě v tomto bodě. Poklesová křivka bodu č. S17 je znázorněna na obrázku č. 10. Největší naměřená hodnota poklesu byla v povrchovém bodě č. S22. Poklesová křivka bodu č. S22 je znázorněna na obrázku č. 11. Výsledky hodnocení stavu porušení pevného nadloží lze shrnout do těchto bodů: předchozí dobývání ovlivnilo tvar poklesové kotliny (Obr. 12.). Nadloží sloje č. 40

v místě pod rozhraním nadrubáno - nenadrubáno bylo vlivem dobývání vystaveno stříhovému a ohybovému namáhání. Díky působení tohoto kombinovaného namáhání došlo k vytvoření místa největších poklesů blíže k rozhraní nadrubáno - nenadrubáno (obr. 13.)

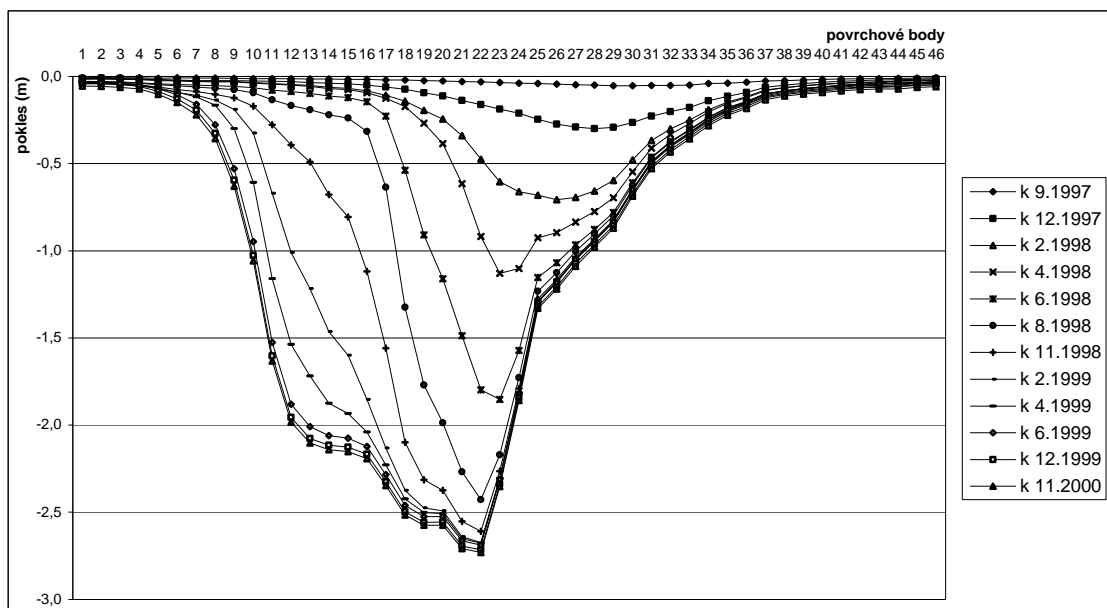
- z poklesových křivek povrchových bodů č. S17 a č. S22 (Obr. 10., Obr. 11.) vyplývá, že v nadrubané části docházelo k postupnému porušování vrstev pevného meziloží



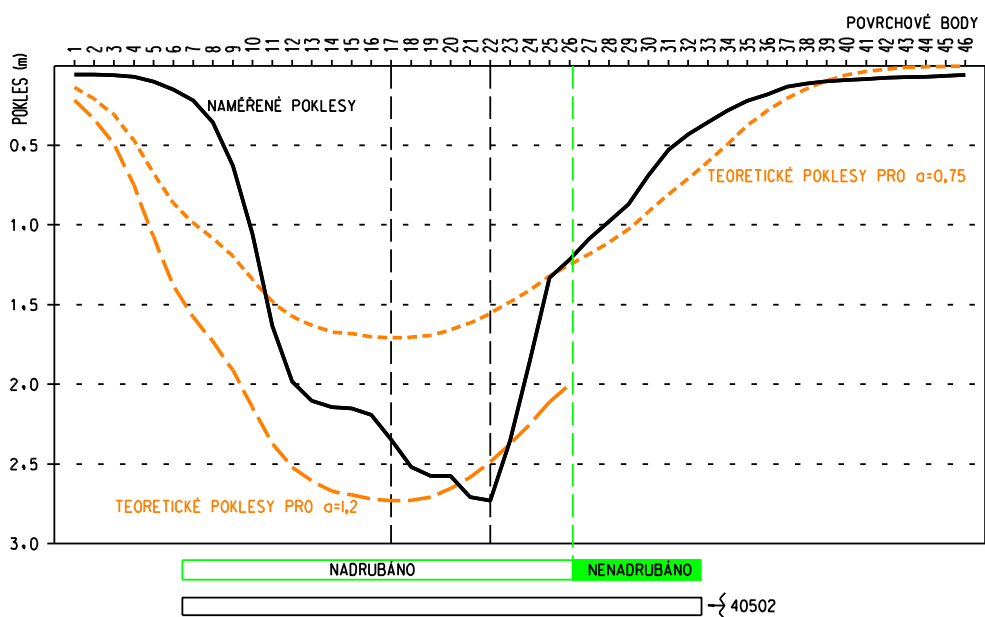
Obr. 11. Poklesová křivka bodu č. S22
Fig. 11. Subsidence curve of point No. S22

- z poměru naměřeného a teoretického poklesu bodů č. S17 a č. S22 byl určen součinitel dobývání o hodnotě 1,2. Z této hodnoty vyplývá, že došlo k aktivaci stařin (JIRÁNKOVÁ 2007) tzn., že k prolomení pevného nadloží sloje č. 38a došlo až v době, kdy bylo zahájeno dobývání ve sloji č. 40. Tuto skutečnost by bylo možné upřesnit vyhodnocením porušování pevného nadloží sloje č. 38a
- rozdíly hodnot naměřených a teoretických poklesů v místě ukončení dobývání porubů č. 40501 a č. 40502 vypovídají o vzniku převisů neporušených karbonských vrstev
- teoretické poklesy nenadrubané části byly určeny pro součinitel dobývání o hodnotě 0,75, což je pro hodnocení optimální hodnota odpovídající metodě a hloubce dobývání ve sloji č. 40. Rozdíly mezi naměřenými a teoretickými poklesy v nenadrubané části poukazují na to, že nedošlo k prolomení celé mocnosti karbonských hornin v nadloží (Obr. 13.), což způsobilo přetížení ovlivněné oblasti
- v nenadrubané části došlo ke stlačení hornin. To způsobilo pokles nadloží v celé ovlivněné části včetně poklesu neporušených karbonských vrstev nad

vydobytým prostorem. Tento pokles je cca 60 mm, jak vyplývá z rozdílů naměřených a teoretických výpočtů poklesů povrchového bodu č. 46 (Obr. 13.).



Obr. 12. Podélný řez
Fig. 12. Longitudinal section



Obr. 13. Podélný řez k listopadu 2000
Fig. 13. Longitudinal section as of November 2000

Závěr

Časoprostorové vytváření poklesové kotliny je ovlivňováno geologickou a mechanickou charakteristikou pevných hornin v nadloží, mezi které patří mocnost, pevnost a celistvost pevných nadložních vrstev. U první dobývané sloje se za mocnost pevných nadložních vrstev považuje celá mocnost karbonských hornin v nadloží. U dalších dobývaných slojí se uvažuje mocnost meziloží k předchozí dobývané sloji, u které došlo k prolomení pevného nadloží. Pevnost nadložních hornin se běžně hodnotí v prostém jednoosém tlaku. Diskontinuity v pevných nadložních horninách můžeme vyhodnocovat podle celistvosti vrtného jádra.

Pro hodnocení rozložení napětí a pro stanovení jeho hodnoty v průběhu dobývání je rozhodující zjištění, zda již došlo k prolomení pevných nadložních hornin, nebo je zde ještě vytvořena klenba. Prolomení pevného nadloží lze určit na základě hodnocení poklesů povrchu vzhledem k průběhu dobývání. Stav, kdy došlo k prolomení, je možné podstatně upřesnit současným hodnocením seizmické aktivity. Parametry vydobyté plochy, při které dojde k prolomení pevného nadloží je nutné dát do závislosti na charakteru pevného nadloží. Zde se jeví jako optimální vyjadřovat charakteristiku pevného nadloží pomocí součinitele neohebnosti pevného nadloží k_{pn} . Výhodou je to, že výsledná hodnota k_{pn} zahrnuje všechny hlavní ovlivňující činitele, kterými jsou mocnost, pevnost a celistvost pevných nadložních vrstev.

Stanovení rozměrů vydobyté plochy, při kterých došlo v konkrétních podmínkách k prolomení pevných nadložních vrstev má obrovský význam pro posuzování změn napěťového stavu horského masivu. Pokud nedojde k prolomení pevných nadložních vrstev, je okolí vydobytého prostoru značně přetíženo a podstatně se zvyšuje nebezpečí vzniku anomálních geomechanických jevů.

Literatura

- KAPICA R. (2002): Aplikace počítačové grafiky pro sledování a vyhodnocení projevů poddolování. Disertační práce doktorského studia, VŠB – TU Ostrava
- JIRÁNKOVÁ E., PETROŠ V. (2005): Hodnocení porušování podrubaného pevného nadloží na základě povrchového výškového měření. Současnost a perspektiva těžby a úpravy nerudných surovin III, strana 111 – 118, VŠB – TU Ostrava, ISBN 80-248-0826-9
- JIRÁNKOVÁ E., PETROŠ V., KONESZ K., KUBICA P. (2005): Use of Surface Height Measurements for the Evaluation of Undermined Firm Roof Failure. MPES 2005 and CAMI 2005, page 547 – 572, Banff, Alberta, Canada, ISBN 1712-3208
- PETROŠ V., JIRÁNKOVÁ E., KONESZ K. (2005): Investigation of rock mass destruction during mining. Eurock – Impact of human Activity on the Geological Environment, page 461 – 466, Taylor & Francis Group plc, London, ISBN 04-1538-042-1
- JIRÁNKOVÁ E. (2007): Časoprostorové vytváření poklesové kotliny v závislosti na charakteru horského masivu. Disertační práce doktorského studia, VŠB – TU Ostrava
- JIRÁNKOVÁ E. (2008): Assessment of failure condition of the extracted seams of the firm roof in dependence on the rock mass character. GeoScience Engineering, <http://gse.vsb.cz>, Volume LIV(2008), No.1 p. 1-10, IBSN 1802-5420

Odborné posouzení Doc. Ing. Petr Konečný, CSc.