

NO SLEDOVÁNÍ FÁZÍ ZMĚN POVRCHU NAD DOBÝVANÝMI LOŽISKY SEDIMENTÁRNÍHO TYPU

Vlastimil Kajzar, Hana Doležalová, Lubomír Staš, Kamil Souček,
Jarmila Šimkovičová

Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1678, 708 00, Ostrava
kajzar@ugn.cas.cz

Abstrakt. V závislosti na těžbě uhlí a jiných nerostných surovin sedimentárního typu dochází k mnoha povrchovým jevům spojeným nejčastěji s poklesy, posuny a deformacemi zájmového území. V nejvyšší míře dochází k těmto procesům v bezprostředním nadloží dobývacího prostoru. Velikosti a směry působení takovýchto jevů závisí obecně na mnoha faktorech, zejména na geomechanických vlastnostech nadloží a celkovém způsobu dobývání ložiska. Jednou z možností sledování časoprostorových změn zájmového území je využití moderních metod pro přesné určování měnící se polohy geoprvků. Mezi tyto metody řadíme GPS měření a využití metod získávání dat pomocí letecké fotogrammetrie. Následné zpracování, analýza a modelování výstupních dat pomocí moderních programových nástrojů GIS nabízí vhodný zdroj informací pro další práci a rozhodování.

Klíčová slova: uhelné ložisko, GPS, fotogrammetrie, modelování, GIS.

Abstract. Observation of phases of surface changes above exploited deposits of sedimentary type. Due to exploitation of coal and other raw materials of sedimentary type there happen many surface changes connected mostly with subsidence, shifts and deformations of the area of interest. Such processes happen mainly in the overlaying strata of exploited coalface. Size and directions of these movements and deformations depend generally on many factors, primarily on geo-mechanical properties of overlaying strata and general technique of exploitation of the deposit. One of the ways of surface observation of time-spatial changes is the usage of modern methods for precise determination of changing position of geo-features. Among these methods we rank GPS surveying and usage of methods for gaining data from aerial photogrammetry. Subsequent processing, analysis and modelling of output data by means of modern GIS software offer an efficient source of information for subsequent work and decisions.

Keywords: coal deposit, GPS, photogrammetry, modeling, GIS.

1 Úvod

Vliv těžby nerostných surovin, včetně těžby sedimentárních ložisek se vždy v různé míře projevuje na okolní krajině a to nejen v průběhu dobývání, ale také dlouhou dobu po ukončení těžební činnosti. Při procesu dobývání dochází k vytváření volných podzemních prostor, do kterých se mohou horniny nadložních vrstev prohýbat, případně mohou tyto prostory zavalovat. V důsledku návazného pohybu horninového materiálu nadložních vrstev dochází k jejich posunům a deformacím, které v konečném důsledku vyúsťují ve změny na povrchu, např. vytvořením poklesové kotliny.[1]

Faktory ovlivňující velikost a směr výsledných změn deformace povrchu závisí na:

- geomechanických vlastnostech hornin;
- celkové geologické situaci;
- dobývané mocnosti ložiska;
- hloubce uložení ložiska pod povrchem;
- použitých způsobech dobývání;
- předchozí těžbě;
- množství dalších činitelů.

Vzhledem k nehomogennímu geologickému prostředí, např. výskytu tektonických poruch, proměnlivé mocnosti ložiska i jeho nadloží, je časoprostorový vývoj deprese na povrchu obtížně sledovatelný.

V rámci projektu GA ČR – Charakter a rozvoj fází pohybů a deformací povrchu nad exploatovanými ložisky sedimentárního typu v netriviálních geomechanických podmínkách – se využívá moderních měřičských a programových postupů k získání poznatků o specifickém chování povrchu iniciovaného těžebními aktivitami v podzemí uhelného ložiska ve fázi vytváření a formování poklesové kotliny v čase a prostoru v takto komplikovaných podmínkách.

Hlavní náplní práce je:

- poznání funkční závislosti časoprostorového vývoje poklesové kotliny v závislosti na strukturních nehomogenitách v kombinaci s postupem těžebních prací;
- zpřesnění poznání vlivů hlubinného dobývání na povrch v celém rozsahu poklesové kotliny;
- ověření dosahu projevů vlivů hlubinného dobývání na povrch

Prostorové informace potřebné pro popis zpracovávané oblasti je možné získat mnoha více či méně pracnými a přesnými měřičskými postupy. Pro získávání vysoce přesných dat o lokalizaci omezeného množství stabilizovaných bodů bodového pole nacházejícího se v dotčené oblasti je využívána jedna z metod měření GPS. Pro zjištění komplexních informací o průběhu kontinuálních změn povrchu v širším okolí se využívá postupů letecké fotogrammetrie.

2 Úložní poměry a popis oblasti

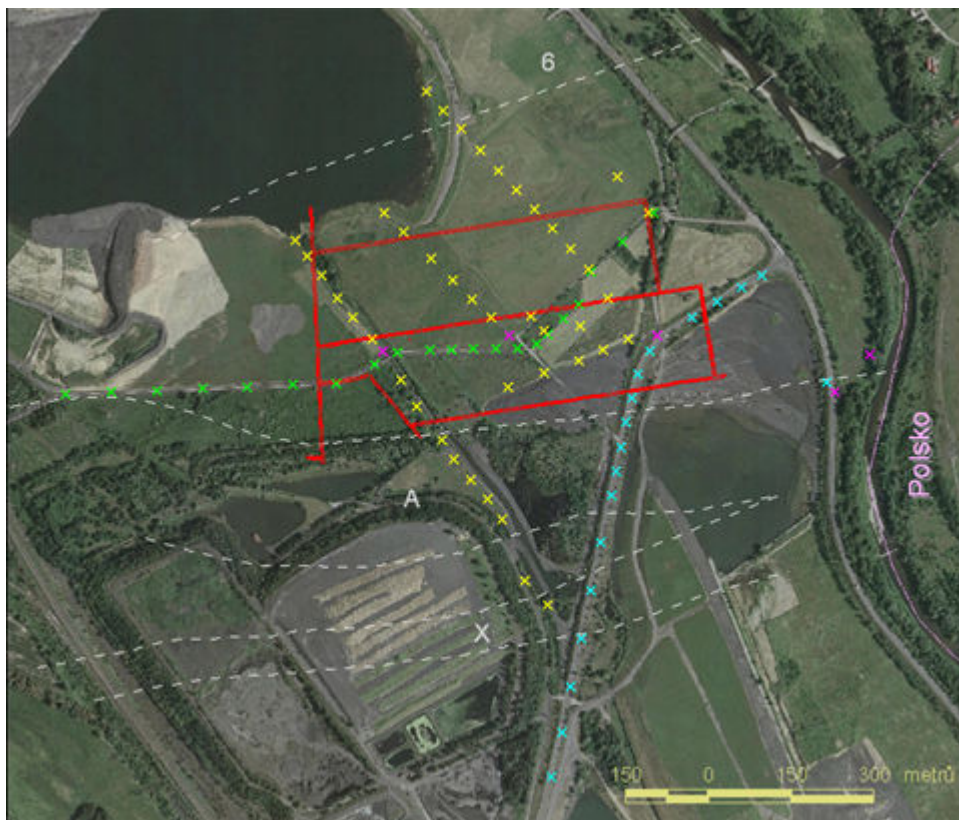
Zájmová oblast se týká důlního pole Dolu ČSM-sever na demarkaci s Dolem Darkov. V předmětné poměrně hornicky ustálené oblasti probíhá (resp. bude probíhat) ve 36. sloji v letech 2006 a 2007 (resp. 2008 a 2009) dobývání postupně 2 porubů s délkou porubní fronty přibližně 180 m a směrnou délkou porubní fronty asi 500 m. Horninový masiv dané lokality tvoří typické horniny karbonského pohoří v hornoslezské pánvi s stafrogenní stavbou. Dobývaná uhelná sloj se nachází v hloubce okolo 950 m pod povrchem. V předmětné oblasti vykazuje proměnlivou mocnost (1,4-2 m). Přibližně na 15 % porubní plochy je sloj postižena erozí. [2]

Jižně ve vzdálenosti do 50 m subparalelně s porubními bloky ve směru Z-V (tj. ve směru postupu porubní fronty) prochází výrazná tektonická porucha X poklesového charakteru. Jižněji rovněž subparalelně poruše X, prochází výrazná poklesová tektonická porucha A. Ze severní strany se nachází asi 200 m od druhého porubního bloku méně výrazná porucha 6. Tato tektonická situace umožňuje srovnat a sledovat charakter deformací jak na straně oblasti vzdálené vlivu tektoniky, tak i na straně bezprostřední blízkosti tektonické poruchy. Geodetická měření jsou časově spjata se začátkem, průběhem i ukončením dobývání vybraných porubů

V minulosti byla v tomto území dobývána v hloubce 850 m uhelná sloj č. 33. Vlivy dobývání této sloje na povrch jsou zachyceny každoročně opakovaným nivelačním měřením. Zaměřovaný profil tvoří 18 bodů v délce okolo 1350 m. Profil probíhá ve V-Z směru a půdorysně je lokalizován nad dělicí třídou obou předmětných porubů, což umožní částečný popis chování dotčeného povrchu před zahájením dobývání.

3 Měření GPS

Pro možnost pravidelného získávání dat na jejichž základě je možné vypočítávat časoprostorové změny povrchu je v zájmové oblasti vybudováno základní bodové pole, momentálně o 86 bodech. Body jsou stabilizovány několika způsoby. Pro určení bodů na místních asfaltových komunikacích byly použity nastřelovací hřeby (viz obr. 1. - modré body). Body v terénu jsou stabilizovány pomocí betonářských žebírkových ocelových tyčí (roxor) s délkou 1 m a průměrem 20 mm. Tyto tyče jsou zatlučených v zemi a mají na vrcholu vyznačený střed, pro možnost přesného zaměření (žluté body). Dále se při měření využívá ocelových konstrukcí vodovodního potrubí probíhajícího zájmovým územím. Ke konstrukci se přikládá GPS anténa připevněná na speciálním uchycovacím nástroji. K zaměření několika dalších bodů slouží již dříve stabilizované body – kamenné a plastové geodetické mezníky (fialové body). Původní myšlenka využití konstrukcí sloupů vysokého napětí byla zavržena po několika pokusech měření, kdy docházelo ke značným nepřesnostem měření, s největší pravděpodobností z důvodů působení elektromagnetického pole v okolí stožárů.



Obr. 1. Základní bodové pole (červeně – poruby; šedě – tektonické poruchy).

Při určování rozmístění jednotlivých bodů bodového pole bylo potřeba brát v úvahu mnoho faktorů – rozsah poddolované oblasti, tektonickou situaci, odhadovanou velikost poklesové kotliny, vzdálenost mezi jednotlivými body atd. Z důvodů probíhající rekultivace krajiny zájmového území, bylo nutné brát také do úvahy předpokládaný rozsah rekultivačních prací. V neposlední řadě je zde omezení místními krajinnými poměry (zatopené oblasti, oblasti zarostlé hustou vegetací)



Obr. 2. Rekultivovaná krajina (vlevo – rok 2004; vpravo – rok 2007).

Měřicí technika Leica GPS1200 dovoluje použít pro pravidelné zaměřování bodového pole metody GPS mapování. Po testování přesnosti dvou metod - RTK metody a statické metody, byla vybrána časově náročnější, avšak přesnější statická metoda měření.

Tato metoda umožňuje zaznamenat pozici v prostoru s milimetrovou přesností. Doba observace s využitím technologie rychlého určování ambiguit při této metodě dosahuje přibližně 10-ti minut. Statická metoda vyžaduje dvoufrekvenční přijímač s P kódem a výhodnou konfiguraci družic (5-6 družic s elevací vyšší než 150). Realizuje se dvojicí přijímačů a měření lze uskutečnit v okruhu několika kilometrů od zvoleného referenčního bodu.

Při využívání této metody měření je potřeba splnit následující podmínky:

- současná observace alespoň na dvou bodech;
- dostatečně velká viditelná část oblohy;
- nepřítomnost předmětů způsobujících vícecestné šíření signálu. [3]

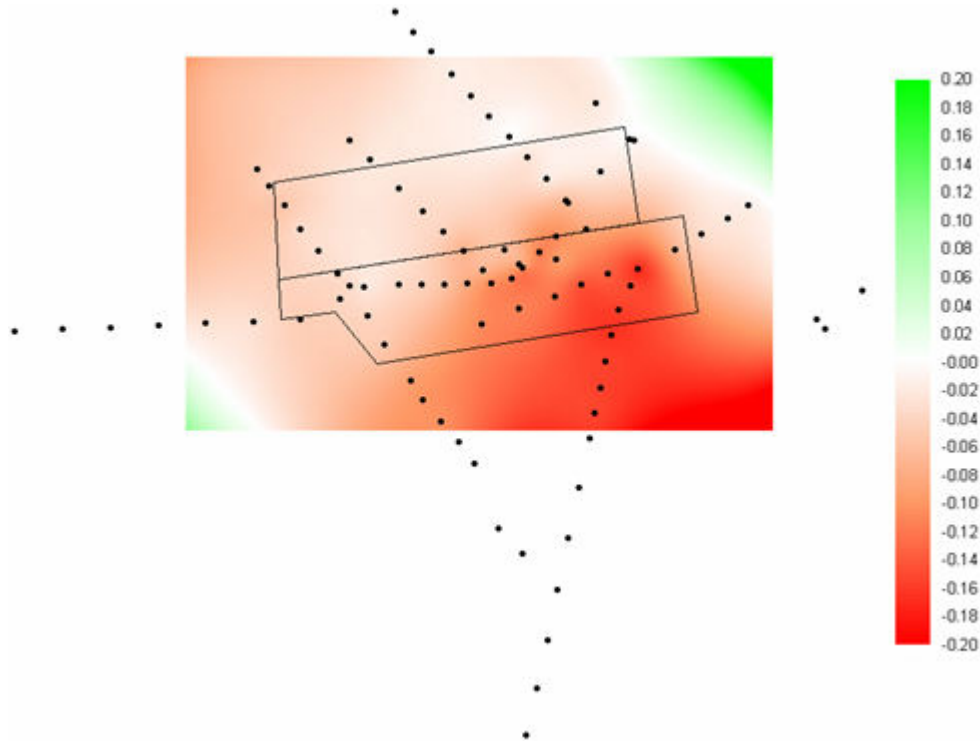
Při mapování se využívá referenční stanice umístěné nad trigonometrickým bodem s přesně známými geocentrickými souřadnicemi (ETRS-89). Tento bod se nalézá mimo dosah vlivů poddolování, v maximální vzdálenosti 2,5 km od míst měření.

Proces měření probíhá v pravidelných měsíčních intervalech. Každá z kampaní vyžaduje 4 dny intenzivní práce v terénu (cca po 22 bodech).

Od května roku 2007, kdy bylo dobudováno bodové pole, je k dispozici souvislá sada měření pro všechny stabilizované body. Na základě jejich analýzy je možné určit velikost a průběh pohybu jednotlivých bodů v uplynulém období. Směr a velikost poklesů jsou do značné míry závislé na postupu rubání. Maximální hodnoty poklesů za uplynulé půlroční období se pohybují okolo 30 cm. V části prvního porubu a nad druhým porubem, kde doposud nebylo těženo jsou změny v prostorové lokalizaci mnohem menší než v místech nad aktivní oblastí.

Na základě získaných dat se modeluje chování celé oblasti. Je zde snaha postupně přecházet od jednoduchých modelů k modelům komplexním, které dovedou postihnout komplikovanou

strukturu celé oblasti. Na obr. 3. je vidět orientační model výškových změn v bezprostřední blízkosti obou porubů. Model je vypočtený z rozdílů gridů průběhu povrchu území v červnu a říjnu. Tyto gridy byly generovány metodou minimální křivosti na základě naměřených dat, bez zahrnutí jiných parametrů. Výsledky modelování zatím slouží pouze pro jednoduchou orientaci.



Obr. 3. Model velikosti poklesů (v metrech) v období červen 2007 - říjen 2007

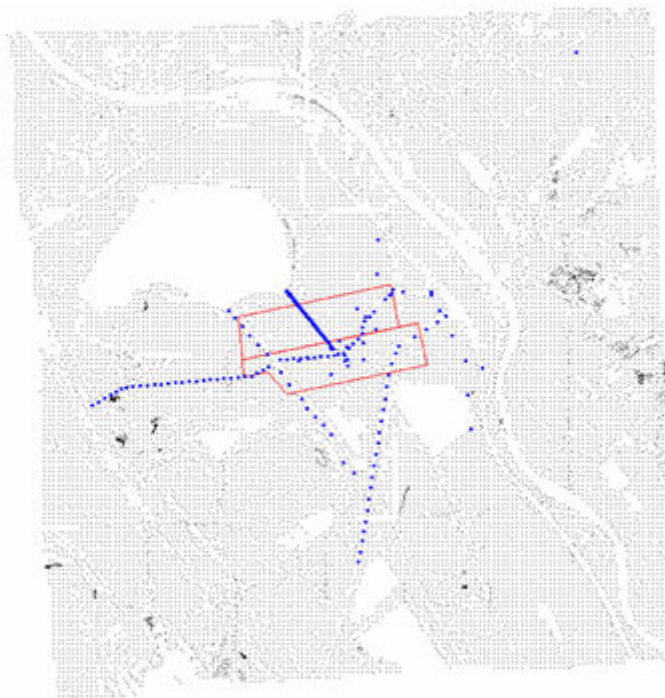
Ke zpracování dat se využívá software Leica Geo Office, dodaný s měřicími přístroji a dále produkty ESRI ArcView a Surfer, umožňující další zpracování získaných prostorových dat.

4 Letecká fotogrammetrie

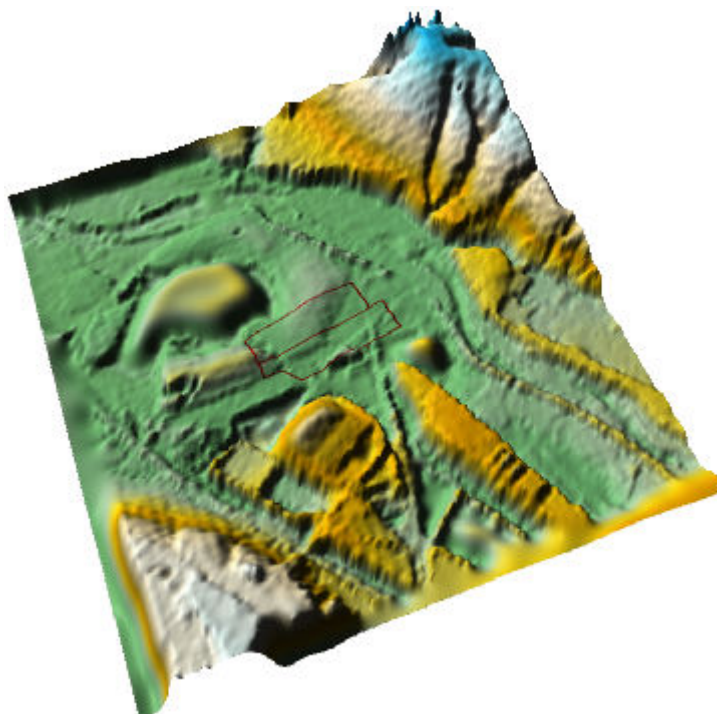
GPS mapování nemůže být z mnoha důvodů, ať už technických, finančních nebo časových, prováděno v celém rozsáhlém zájmovém území. Ve snaze získat informace umožňující ověření prostorového vývoje, tvaru a rozsahu vytvářející se poklesové kotliny se přistoupilo k využití letecké fotogrammetrie. Fotogrammetrie nabízí možnost získávat informace o reálných objektech s uspokojivou vypovídající schopností na základě vyhodnocování pořízených snímků. Úroveň přesnosti dat získaných z leteckých snímků není tak vysoká jako přesnost dat z GPS mapování. I přesto získaná údaje zřetelně obohacují a doplňují poznatky o sledovaném území. Dalším faktem je, že letecká fotogrammetrie je jediný možný způsob, jak zjistit vliv těžby na nedalekém polském území.

Letecké snímkování se řeší formou zakázky u profesionální firmy. První dodaná sada dat, vhodná pro další zpracování, pochází ze snímkování provedeného při zahájení těžby v březnu 2007. Zpracovatelská firma dodala kromě ortofotomapy, také sérii více než 17 tisíc výškových bodů, vhodných pro tvorbu 3D modelu celé oblasti zájmu. Dále lokalizační údaje ke 190 signalizovaným bodům, z nichž je velká část identická s body stabilizovaného bodového pole, což umožňuje srovnání a kombinaci obou používaných měřičských metod.

Další snímkování je plánováno v ročních intervalech. Na základě dat získaných z těchto snímkování bude možné provádět rozsáhlejší analýzy předmětné oblasti.



Obr. 4. Vektorová data získaná leteckým snímkováním (černě – výškové body pro generování 3D modelu oblasti, modře – námi signalizované body)



Obr. 5. Digitální model terénu generovaný na základě výškových dat pořízených leteckou fotogrammetrií.

5 Závěr

V rámci dlouhodobého projektu probíhá na části území ostravsko-karvinského revíru, spravovaného Dolem ČSM-sever, sběr prostorových dat, využitím různých měřičských technik za účelem ověření a zpřesnění znalostí o časoprostorovém procesu transportu a redistribuce materiálu nadložního masivu v důsledku kolapsu podzemních prostor vzniklých těžební aktivitou. Sběr a zpracovávání dat započalo ještě před zahájením dobývání prvního z porubů, což umožnilo sledovat chování vznikající poklesové kotliny od samotného počátku. Dlouhodobý plán předpokládá sledování těchto procesů během celé doby těžby, při jejím ukončování a dále i v době po jejím skončení. Na základě získaných prostorových dat dochází k analýze zjištěných pohybových a deformačních procesů. Výsledky analýz a prostorového modelování budou dále sloužit jako podklad pro zjišťování velikosti a charakteru pohybů a deformací povrchu obdobných lokalit. Z hlediska samotného předmětu výzkumu se jedná o problematiku, která se týká velkých oblastí zasažených důlní činností, kde i v období postupného útlumu hornictví bude poklesová problematika stále aktuální.

Práce vznikla za finanční podpory grantu 105/07/1586, Grantové agentury České republiky

Reference

1. J. Schenk. *Měření činností a deformací v poklesové kotlině*. VŠB-TUO, 1999, Ostrava. ISBN 80-7078-711-2.
2. M. Dopita, et al. *Geologie české části hornoslezské pánve*. MŽP ČR, 1997, Praha. ISBN 80-7212-011-5.
3. <http://www.beruna.cz/>. Metody, kterými lze z GPS dostat milimetry.

Annotation:

Observation of phases of surface changes above exploited deposits of sedimentary type

The influence of mining is showing in surrounding area and not only by process of mining, but too for a long time after finishing of mining. With extraction of coal deposits underground there can occur to vacant spaces underground and the rocks in the overlaying strata can sag or fall into these spaces. This transport of material passes incrementally through the overlaying strata and it results in movements and deformations on the surface. [1]

Within framework of GA CR project – Character and development of movements and deformations of surface above exploited sedimentary deposits under nontrivial geomechanical conditions – we try to use modern surveying methods and software to get knowledges about specific behaviour of surfaces affected by mining activities from underground. This can be noticed during the phase of creating and forming area of subsidence in time and space.

Obtaining of precise data of stabilize points position is used one of GPS mapping method. For detection of information of progression of surface changes is aerial photogrammetry used. Those geodetic measurements are time-knit with beginning, processing and finishing of mining selected coalfaces. In the north area of this mining field of mining Důl ČSM-sever act as a demarcation mining Důl Darkov. In subject to relative historical consolidated area are (or will be) in 36th seam in 2006 and 2007 (or 2008 and 2009). There will be an exploitation of the two coalfaces with length of about 180 meters. Mine coal seam occur about 950 meters underground. The subjected area is assign to a variable width (1,4 - 2 meters). In about 15 % of coalface surface is the seam affected with erosive evolution. Rock massive in this area is formed by typical rocks of structure of carbon mountain chain in northsilesian basin with tafrogenneous structure. [2]

Those surveys are executed in regular months intervals above 86 stabilized field points through the use of surveying technics by Leica GPS1200. In our work we use static method of GPS mapping. This method enable to us to record position in space with millimetre precision. The duration of observation with using of technology for fast determination of ambiguits from this method achieve about 10 minutes. If pair of receivers (reference station and rover) is realized, measurement can be in radius of several kilometres from selected reference point. Our reference station is placed above trigonometric point. For this point we know precisely the geocentric coordinates (ETRS-89). This point is out of range of influence of undermine in maximum distance 2,5 kilometres from place of survey.

From May 2007 to these days we have continuous set of measuring of all marked points. On basis of their analysis we are able to specify the size and course of motion in past period of each point. The direction and size of subsidence is to a considerable extent dependent on advance of mining. Maximum values of subsidence in past half-yearly season are moving around 30 cm. Where was not mine yet (in part of first coalface and in the second coalface), are the changes of spatial localization much smaller than above active area.

In next steps we started with modeling of behaviour of area of concern. We try crossing from simple models to complex models, which prove to describe complicated structure of the whole area.

Precise measurement by GPS can not be done on all the interested area with reasons based on lack of technical, financial and time. For verification of spatial evolution, shape and extend of created subsidence, depression, aerial photogrammetry methods are used. Photogrammetry offers the possibility of obtaining information about real objects on the ground of analysis of pictures. This method of obtaining data with help of aerial photogrammetry will evidently enrich and supplement GPS surveying. Aerial scanning is one possible way to detect possible influence of ongoing mining in close Polish area. The first data we get from scanning are suitable for the next processing. This is going to be used to execute the beginning of mining this year.

Data gathering and processing began before starting of mining of the first coalface. It enabled observing behaviour of newly-emerging area of subsidence from the beginning of exploiting. The long-term plan assumes monitoring of those processes during the time of mining, by finishing and further after ending. We can analyze on basis of obtained spatial data kinetic and deformation processes. The results of analyses and spatial modeling can be use like the background for getting information about size and character of surface movement and deformation of similar areas.