

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geologie

**Téma: Analýza vývoje povrchu terénu v poddolovaných  
oblastech na Karvinsku**

Bakalářská práce

**Michaela Koňářiková**

Studijní obor: Environmentální geologie

Prezenční studium

Vedoucí práce: Ing. Lada Hýlová, Ph.D.

Konzultant: Ing. Matěj Fuka, Ph.D.

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a ostatní prameny řádně cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

Olomouc 2024

.....

Podpis

### Poděkování:

Na prvním místě bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Ladě Hýlové, Ph.D. za odborný dohled, věcné připomínky a cenné rady, poskytnutí odborné literatury a programového softwaru MicroStation. Také děkuji konzultantovi Ing. Matějovi Fukovi, Ph.D. za poskytnutí přístupu k archivům DIAMO s.p., o.z. DARKOV a za cennou pomoc při psaní bakalářské práce. Poděkování také patří doc. Ing. Evě Jiráňkové, Ph.D. a Ing. Vlastimilu Kajzarovi, Ph.D. z Ústavu geoniky AV ČR v Ostravě za realizaci praktického měření, poskytnutí programového softwaru Surfer a konzultaci výsledků.

Na druhém místě si poděkování zaslouží má rodina a blízcí, kteří mě po dobu studia pevně podporovali.

**Bibliografická identifikace:****Jméno a příjmení autora:** Michaela Koňářiková**Název práce:** Analýza vývoje povrchu terénu v poddolovaných oblastech na Karvinsku**Typ práce:** Bakalářská práce**Pracoviště:** Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie**Vedoucí práce:** Ing. Lada Hýlová, Ph.D.**Konzultant:** Ing. Matěj Fuka, Ph.D.**Rok obhajoby práce:** 2024**Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá analýzou vývoje povrchu terénu v poddolovaných oblastech na Karvinsku. V rámci rešeršní části práce bylo cílem podat informace o geologické situaci v české části hornoslezské pánve se zaměřením na karvinské souvrství, popsat historii těžby na Karvinsku, kde se těžily uhelné sloje karvinského souvrství. Pro pochopení poklesů způsobených těžbou je v práci obecně popsáno nivelační měření a jeho využití ve studii poklesů povrchu terénu. V praktické části bakalářské práce bylo cílem vytvořit přehlednou databázi geodeticky zaměřených bodů a také prakticky vyzkoušet vlastní nivelační měření. V databázi bylo celkem zapsáno 408 nivelačních bodů, z toho 290 o známých souřadnicích, vedených v 17 nivelačních pořadech. Jak z databáze, tak i z vlastního měření plyne, že poklesávání nastává v centimetrech až decimetrech ročně. Při vytváření databáze byly použity podklady z archivu DIAMO s.p., odštěpný závod DARKOV, nivelační měření Ústavu geoniky Akademie věd ČR, databáze České geologické služby a Geoportál Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Databáze a vlastní měření byly vykresleny v programovém softwaru MicroStation a pomocí programu Surfer.

**Klíčová slova:** česká část hornoslezské pánve, karvinské souvrství, těžba uhlí na Karvinsku, poklesy povrchu terénu, poklesová kotlina, nivelační měření

**Počet stran:** 56**Počet příloh:** 4**Jazyk:** čeština

**Bibliographical identification:****Author's first name and surname:** Michaela Koňářiková**Title:** Analysis of terrain surface development in the Karviná region**Type of thesis:** Bachelor's thesis**Institution:** Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology**Supervisor:** Ing. Lada Hýlová, Ph.D.**Consultant:** Ing. Matěj Fuka, Ph.D.**The year of presentation:** 2024**Abstract**

The bachelor's thesis deals with the analysis of the development of the terrain surface, specifically in the undermined areas in the Karviná region. The aim of the research part was to provide information on the geological situation in the Czech part of the Upper Silesian Basin with a focus on the Karviná Formation, to describe the history of mining in the Karviná region and to generally characterize levelling measurements and their using in the study of land surface subsidence. In the practical part of the bachelor thesis the aim was to create a clear database of geodetically surveyed points and also to process the own levelling measurements. The database contained a total of 408 leveling points, 290 about known coordinates, conducted in 17 leveling sequences. The database and the own measurements show the magnitude of subsidence within centimetres to tens of centimetres per year. The database was created using data from the archives of DIAMO s. e., DARKOV branch, levelling measurements of the Institute of Geonics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, the database of the Czech Geological Service and the Geoportal of the Czech Geodetic and Cadastral Office. The databases and the measurements themselves were plotted in MicroStation software and Surfer software.

**Keywords:** Czech part of the Upper Silesian Basin, Karviná Formation, coal mining in Karviná, subsidence, subsidence basin, levelling measurements**Number of pages:** 56

**Number of annexes: 2**

**Language: Czech**

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	9
<b>2. Vymezení a geologická charakteristika zájmového území</b> .....	10
2.1. Stručná geologická charakteristika české části hornoslezské pánve .....	11
2.1.1. Ostravské souvrství .....	12
2.1.2. Karvinské souvrství .....	13
2.1.3. Pokryvné útvary .....	16
<b>3. Historie těžby na Karvinsku</b> .....	18
3.1. Dobývací prostory .....	20
<b>4. Dopady těžby uhlí na Karvinsku</b> .....	23
4.1. Poklesy terénu v karvinské oblasti .....	23
4.1.1. Poklesové kotliny .....	23
4.2. Ovlivnění vodních toků .....	24
4.3. Výrony plynů .....	25
4.4. Změna reliéfu krajiny v důsledku ukládání hlušiny .....	25
<b>5. Metodika a postupy řešení</b> .....	26
5.1. Souřadnicové referenční systémy .....	26
5.2. Výškové systémy .....	26
5.3. Výškové bodové pole .....	27
5.4. Nivelační měření .....	28
5.4.1. Měření metodou přesné nivelace ze středu .....	28
5.4.2. Měření metodou GNNS .....	29
5.5. Vertikální posuny .....	30
<b>6. Vstupní data a databáze nivelačních bodů</b> .....	31
6.1. Vstupní data .....	31
6.2. Tvorba databáze nivelačních bodů .....	32
6.3. Zpracování dat pro tvorbu mapy .....	33
<b>7. Vlastní měření a jeho zpracování</b> .....	35
7.1. Měření na lokalitě Stonava .....	35
<b>8. Výsledné hodnoty</b> .....	37
8.1. Poklesy dle vypracované databáze .....	37
8.2. Výsledky vlastního měření na lokalitě Stonava – Mexiko .....	43
8.3. Výsledky kont. Snímání metodou GNNS .....	44
<b>9. Diskuse</b> .....	47
9.1. Databáze geodeticky zaměřených bodů .....	47

9.2. Vlastní měření na lokalitě Stonava – Mexiko .....	48
<b>10. Závěr</b> .....	50
<b>11. Zdroje</b> .....	51
<b>12. Seznam příloh</b> .....	57



## 1. Úvod

Karvinské území je ovlivňováno dlouholetou těžbou uhlí, a to má za následek ovlivnění různých složek životního prostředí. Míra působení je závislá na okolních podmínkách, jako mocnost masivu, mocnosti uhelných slojí, způsob a délka trvání těžby nebo vlastnosti okolních hornin. Důsledkem těžby jsou poklesy povrchu terénu vlivem poddolování, kontaminace vodních toků, změna hladiny povrchové i podzemní vody, výrony plynů a změna reliéfu krajiny v důsledku ukládání hlušiny.

Bakalářské práce se zaměřuje na vývoj povrchu terénu v poddolovaných oblastech na Karvinsku. Měření změn výšek se realizuje pomocí nivelačních měření, které jsou jedním z nejpoužívanějších a nejpresnějších měření poklesů terénu (Kowalczyk et al., 2009). Nivelační pořady jsou zaměřovány během nebo po ukončení těžby v dotčených oblastech poddolováním. Tato měření jsou evidována písemně v archivech nebo v elektronických databázích organizací, které zajišťují zaměřování bodů.

Cílem bakalářské práce je seskupení co nejvíce nivelačních měření, vytvoření přehledné databáze geodeticky zaměřených bodů a jejich následné vykreslení do map. Databáze bude vypracována na základě požadavku pro DIAMO s.p., o.z. DARKOV. Dále je cílem zpracování vlastního nivelačního měření a porovnání výsledných hodnot s databází.

## 2. Vymezení a geologická charakteristika zájmového území

Zájmové území se nachází v oblasti známé díky dobývání uhlí, z geologického hlediska jde o českou část hornoslezské pánve. Hornoslezská pánev se rozprostírá na ploše nejméně 7000 km<sup>2</sup>. Na území České republiky pánev zaujímá asi 1550 km<sup>2</sup> a severovýchodní část pánve leží v Polsku. Díky velkému množství geologických vrtů z povrchu je hornoslezská pánev jednou z nejvíce prozkoumaných karbonských uhelných pánví (Pešek a Sivek, 2012). Výstupy uhlonosného karbonu v české části hornoslezské pánve na povrch jsou ale vzácné, protože jsou z většiny překryty mladšími sedimenty. Důsledkem překrytí mladšími sedimenty je menší prozkoumanost jižního omezení pánve. Příkladem je vrt Jablůnka 1, který je důkazem, že spodnonamurská uhlonosná depozita pokračují dále na jih (Dopita et al., 1997).

Hornoslezská pánev vznikala v pozdějším stádiu vývoje paleozoické moravskoslezské struktury. V hornoslezské pánvi je možné rozlišit tři strukturní patra. **Kadomské patro** je tvořeno především rulami, fylity, migmatity a intruzemi granitoidů (Dopita et al., 1997). Kadomské patro je prozkoumáno pouze z malého množství průzkumných vrtů (Pešek a Sivek, 2012).

**Variské patro** je na Jižní Moravě tvořeno sedimenty kambrického stáří. Po uložení kambrických uloženin sedimentace pokračovala až v siluru, kterou dokládá ojedinělý výskyt siluru u Stínavy (Goliáš et al. 2011). Začátkem svrchního devonu byla oblast ovlivňována ukládáním mocných devonských, převážně karbonátových sledů, poté i sledů karbonských.

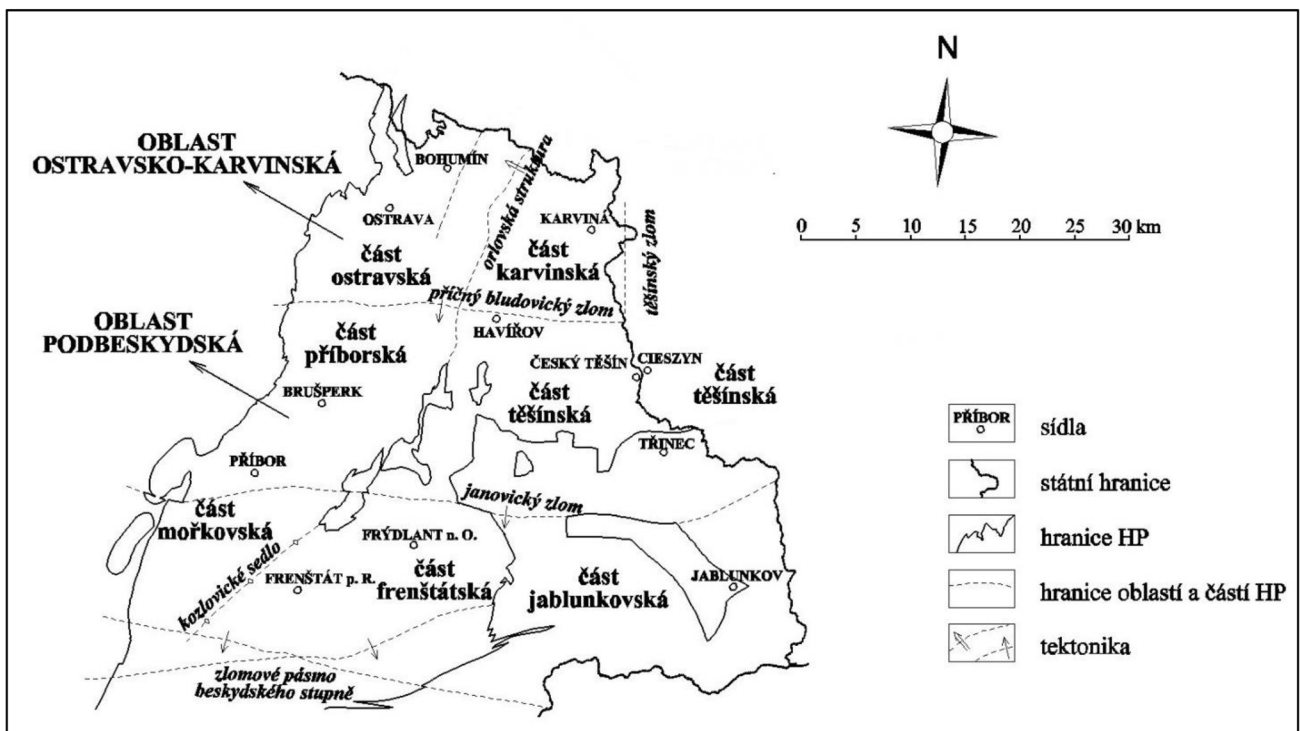
V raném karbonu probíhala sedimentace flyšových pásem (rytmické střídání slepenců, drob a aleuropelitů), kterou následovala molasová sedimentace (Dopita et al., 1997). Přejít flyšové sedimentace do sedimentace molasové v hornoslezské pánvi byl postupný, což se projevilo v postupné mořské regresi během namuru (Pešek a Sivek, 2012), (blíže kap 2.1). Povrch karbonského masivu byl formován exogenními zvětrávacími procesy, v důsledku, kterých došlo k jeho rozvolnění do zvětralinového pláště. Ten lokálně tvoří, společně s nasedajícími bazálními bádenskými klastiky, artézský vodoplynonosný kolektor známý jako detrit (blíže kap. 2.1.3). Ve třetím **alpinském patře** bylo pomocí hlubokých vrtů zjištěno, že patro je tvořeno neogenními horninami karpatské předhlubně, karpatskými příkrovy s šupinami uhlonosného karbonu a neogenními vulkanity (Picha et al., 2006).

## 2.1. Stručná geologická charakteristika české části hornoslezské pánve

Českou část hornoslezské pánve lze rozčlenit na dvě hlavní oblasti, a to ostravsko-karvinskou a podbeskydskou (obr. 1).

**Ostravsko-karvinská část** nebo také ostravsko-karvinský revír (OKR) se rozprostírá na jihovýchodní straně České republiky a je to nejrozsáhlejší uhelná pánev v České republice. Její složitá geologická stavba je podložena její polohou, která je na styku vnějších příkrovů Západních Karpat a Českého masivu (Martinec et al., 2006). OKR rozděluje orlovská struktura, která tím oblast dále dělí na část karvinskou a část ostravskou. V OKR lze vymezit celkově 415 uhelných slojí, jejich lávek a slojek, z toho 141 je rubatelných. Karvinskému souvrství náleží 55 rubatelných slojí.

**Podbeskydská oblast** je od ostravsko-karvinské části oddělena příčným bludovickým zlomem a rozprostírá se dále k jihu. Oblast je pokryta příkrovy Beskyd a rozdělujeme ji na frenštátskou, jablunkovskou, mořkovskou a příborskou část (Sivek et al., 2003).



Obr. 1 Územní členění hornoslezské pánve (Sivek et al., 2003, upraveno).

### 2.1.1. Ostravské souvrství

Ostravské souvrství, stářím odpovídá spodního namuru, tvoří velmi pestrý komplex. Do cyklického uspořádání terestrických, brakických a mořských sedimentů pronikají místy vulkanogenní horniny (Pešek a Sivek, 2012). Ostravské souvrství členíme na čtyři jednotky, a to vrstvy porubské, jaklovecké, hrušovské a petřkovické.

**Petřkovické vrstvy** jsou nejstarší jednotkou ostravského souvrství. To je v bázi vymezeno stropem skupiny faunistických horizontů Štúra, který je odděluje od podloží pánve. Svrchní hranice petřkovických vrstev je definována stropem tzv. hlavního ostravského brousku. Většinu sedimentů jednotky formují jemnozrné pískovce, v menšině jsou aleuropelity. Nejhojněji se zde vyskytují tufogenní horniny, nejčastěji, tzv. brousky. V petřkovických vrstvách vystupuje 63 slojí a slojek (Martinec et al., 2005), ale bohatší na výskyt uhelných slojí je svrchní část vrstev (Dopita et al., 1997).

**Hrušovské vrstvy** odděluje od petřkovických vrstev strop hlavního ostravského brousku a tam kde se nevyskytuje, tvoří svrchní hranici strop skupiny faunistických horizontů Nanety a ze svrchní strany je odděluje skupina faunistických horizontů Enny. Hrušovské vrstvy rozdělují bezeslojné faunistické horizonty Františky na spodní a svrchní část. Celkový výskyt uhelných slojí v hrušovských vrstvách je velmi nestálý a jejich dobytelnost je zřídka možná v jejich svrchní části (Dopita et al., 1997).

**Jaklovecké vrstvy** jsou od hrušovských vrstev odděleny skupinou faunistických horizontů Enny. Svrchní hranicí je skupina mořských horizontů Barbory. V jakloveckých vrstvách se písčitost dosahuje 60 %. Vrstvy obsahují drobnozrné slepence, arkózy, droby, prachovce, kořenové půdy, uhlí, a pískovce různých typů (Dopita et al., 1997). Díky velké mocnosti vrstev se zde nahromadila relativně velká zásoba uhlí rozprostřena do zhruba 22 rubatelných slojí (Beneš, 1958). Nejstálejší a nejmocnější slojí jakloveckých vrstev a zároveň celého ostravského souvrství je sloj Mohutný (Dopita et al., 1997).

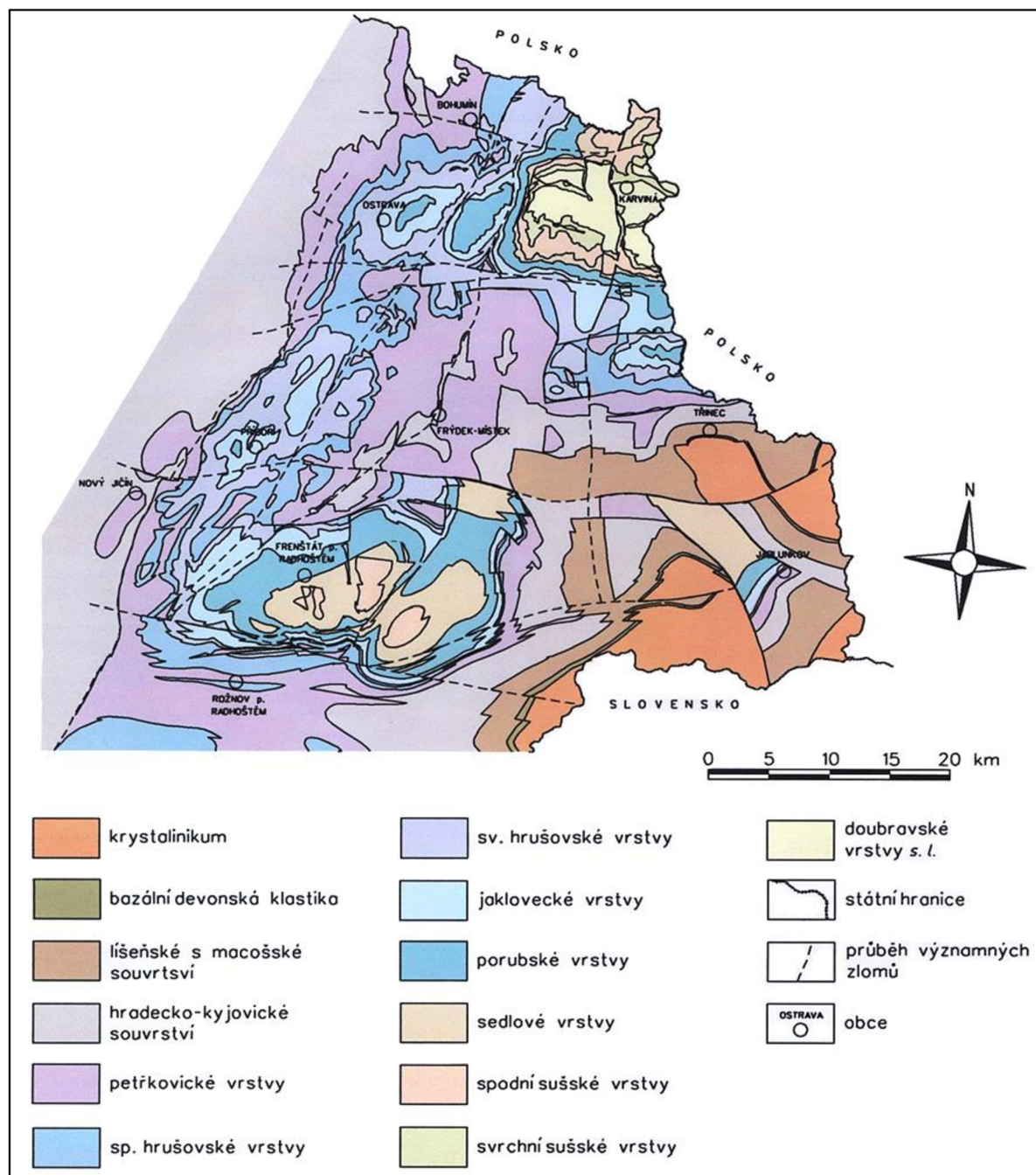
**Porubské vrstvy** jsou poslední a nejmladší jednotkou ostravského souvrství. Od jakloveckých vrstev je odděluje skupina mořských horizontů Barbory. V těchto vrstvách se vyskytují prachovce, jílovce a pískovce různých zrnitostí. Významné jsou polohy středno až hrubě zrnitých pískovců s vložkami gravelitů, tzv. zámeckých slepenců. Tyto slepence nalezneme v nižší části porubských vrstev a jsou výsledkem narušení paralického vývoje v glaciálu (Jirásek et al., 2013).

Uhlonosnost porubských vrstev je nižší než v podložních vrstvách (Dopita et al., 1997), můžeme zde nalézt zhruba 15 rubatelných slojí, které ojediněle přesahují mocnosti jeden metr (Beneš, 1958).

### **2.1.2. Karvinské souvrství**

Karvinské souvrství vystupuje pouze na Frenštátsku, Karvinsku a v několika denudačních zbytcích ho můžeme nalézt v jablunkovské části pánve (obr. 2), (Dopita et al., 1997). Karvinské souvrství je datováno na stáří střední namur až langsett (Opluštil et al., 2022). Tato uhlonosná molasa se ukládala po intranamurském hiátu mezi středním a spodním namurem (Havlena 1976 in Pešek a Sivek, 2012), kdy došlo k úplnému ústupu moře z hornoslezské pánve směrem na sever (Dopita et al., 1997). Důkazem přerušení sedimentace může být mocná poloha silkrustové fosilní zvětrávací kůry, jinak taky známé jako ganistr, který vznikl z důvodu přerušení sedimentace a tektonického klidu ve středním namuru (Pešek a Sivek, 2012). Dalším důkazem přerušení této sedimentace může být existence černého písčitého karbonátu prorostlého apendixy stigmarií, která se nachází v podloží sloje Prokop (Dopita a Králík, 1971).

Karvinská oblast je vymezena třemi základními litostratigrafickými jednotkami (obr. 3) a to jsou vrstvy sedlové, sušské a doubravské s. 1. (doubravské s. s. a vyšší doubravské) (Martinec et al., 2005).



Obr. 2 Odkrytá geologická mapa české části hornoslezské pánve (podle Austa et al. in Dopita et al. 1997, upraveno in Martinec et al. 2005).

**Sedlové vrstvy** odpovídají střednímu namuru a spodní části svrchního namuru. Spodní hranice náleží stropu sloje Prokop, svrchní hranicí je počva sloje 605/606 (Dopita et al., 1997). Bazální stratigrafickou jednotkou karvinského souvrství jsou právě sedlové vrstvy s průměrnou mocností okolo 240 m. V sedlových vrstvách se vyskytuje 70–80 % pískovců a slepenců (Martinec et al., 2005) a se nachází 6 až 27 uhelných slojí a slojek. Jejich mocnost

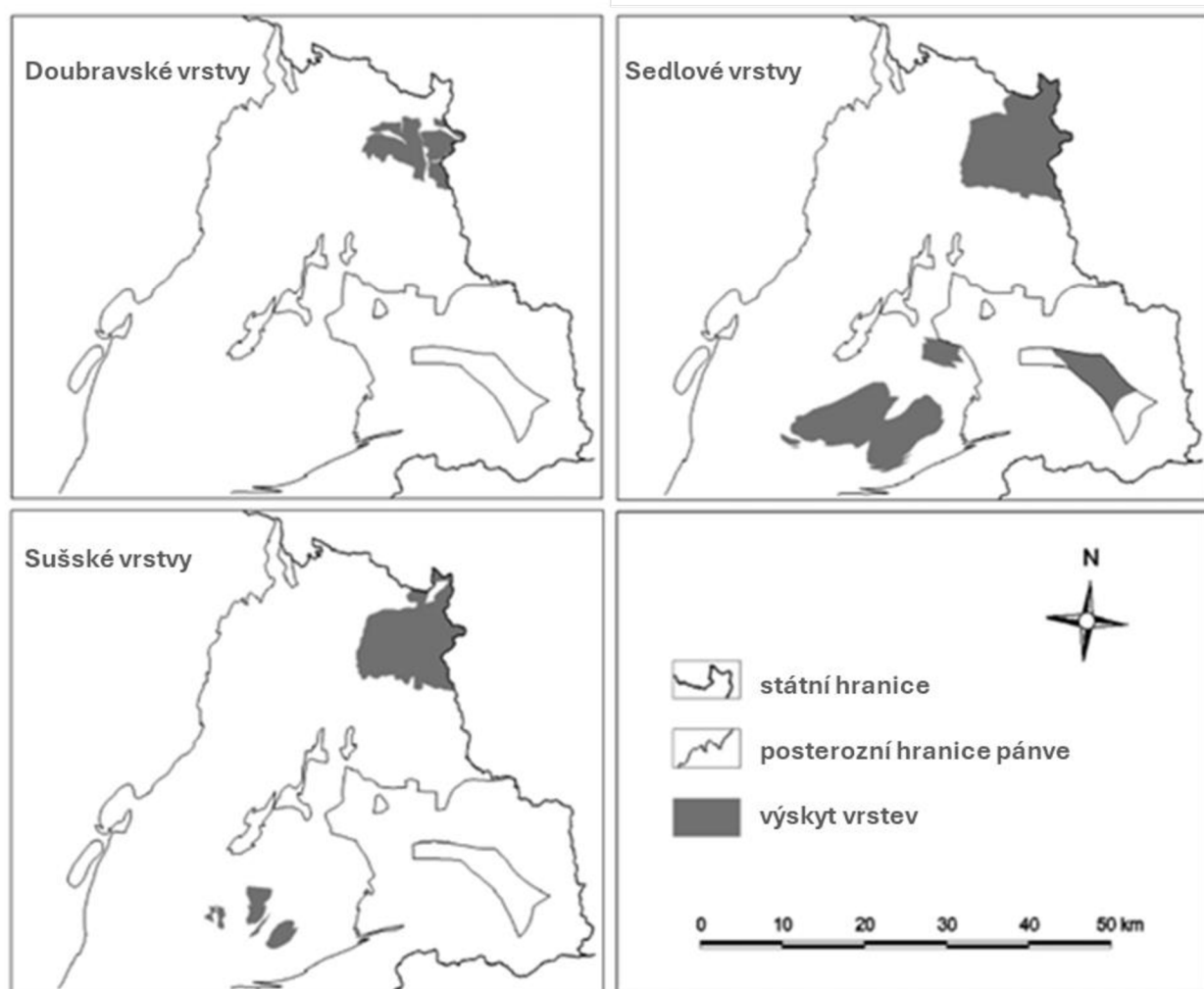
je výrazně vyšší ve spodní části sedlových vrstev, kde se nachází i nejstálejší sloj hornoslezské pánve, kterou je Prokop (Dopita et al., 1997).

**Spodní sušské vrstvy** jsou datovány na stáří střední namur (Opluštil et al. 2022). Spodní hranice spadá do sloje 605/606 (Pešek a Sivek, 2012). Mocnost spodních sušských vrstev se průměrně pohybuje okolo 230 m a navazují na vývoj sedlových vrstev. Vyskytují se v nich tedy často konglomeráty a hrubozrnné psamity (Dopita et al. 1997).

**Svrchní sušské vrstvy** odpovídají stáří namur až landsett. Navazují na spodní sušské a sahají až po strop sloje 804 (Pešek a Sivek, 2012). Ojediněle se ve východní části vyskytují polohy drobnozrnných slepenců (Martinec et al. 2005). Mocnost svrchních sušských vrstev se pohybuje okolo 135 m (Macháček, 2014).

Sušské vrstvy jsou kompletně zachovány pouze na Karvinsku, kde jejich mocnost dosahuje až 400 m (Pešek a Sivek, 2012). Tyto dvě jednotky odděluje sladkovodní Hubertův faunistický horizont. Uhelne sloje v sušských vrstvách často obsahují tenké vložky jalové horniny, tzv. proplástky, které se nepravidelně spojují, vykličují nebo díky erozi zcela chybějí (Dopita et al., 1997). Spodní sušské vrstvy obsahují 12 až 15 uhelných slojí, které jsou mocností velmi kolísavé. Naopak svrchní sušské vrstvy jsou stálezší a jejich počet je 7–10 (Beneš, 1958). Uhelne sloje byly postupem času celé vyrubány (Dopita et al. 1997.)

**Doubravské vrstvy s. I.** jsou stáří langsett. Navazují na sušské vrstvy, tedy od stropu sloje č. 804 (Pešek a Sivek, 2012). Vrstvy se dále dělí na spodní část, jinak známou jako doubravské vrstvy s.s., které končí slojí 876 (Martinec et al., 2005). Svrchní část tvoří vyšší doubravské vrstvy (Pešek a Sivek, 2012). Doubravské vrstvy s. I. se vyskytují pouze na Karvinsku a jejich mocnost se pohybuje okolo 220–260 m. Na bázi doubravských vrstev s. I. nalezneme hrubozrnné až středozrnné pískovce, které dále přechází do prachovců s přítomností jemnozrnné uhelné hmoty a jílovců. Vyskytují se zde méně mocné uhelné sloje, které jsou nestálé a často obsahují proplástky. Počet a mocnost uhelných slojí se zvyšuje severovýchodním směrem. (Dopita et al., 1997).



Obr. 3 Litostratigrafické jednotky karvinského souvrství (Šivek et al., 2011, upraveno)

### 2.1.3. Pokryvné útvary

V důsledku nasunutí karpatských příkrovů v průběhu alpínského vrásnění došlo k poklesu jejich předpolí, tedy i české části hornoslezské pánve. Prvotní hrubozrný klastický materiál zaplňoval nejhlubší partie karbonského paleoreliéfu, tedy oblasti označované dnes jako tzv. výmoly. Navětralá svrchní část paleoreliéfu karbonu společně s těmito bazálními bádenskými klastiky tvoří kolektor artézské proplyněné fosilní vody, tzv. detrit. Česká část pánve je pokryta z 25 % právě detritem, který z hlediska bezpečnosti hornické činnosti představuje stále nejvýznamnější zvedně v rámci OKR (Štancl, 2022).

Další sedimentace zaplnila erozní údolí výmoly, a pokryla karbonský hřbet OKR souvislým miocenním slínovým pokryvem – vápnitými jíly. Mezi těmito vrstvami jsou místy uloženy písčité vložky (Macháček, 2014). Miocenní pelity oddělují karbonské prostředí od kvartérních struktur a povrchu.



Kvartérní sedimenty jsou v oblasti zastoupeny sedimenty kontinentálního zalednění. Starší relikty elsterského zalednění jsou překryty sedimenty sálského zalednění (Růžičková et al., 2003). V začátcích preglaciálu se ukládaly fluviální, fluvio-lakustrinní a pestré lakustrinní sedimenty (Dopita et al., 1997). Povrch terénu je zastoupen polohami sprašových hlín, fluviálními sedimenty kolem Olše a místních potoků, vrstvou štěrků a štěrkopísků a holocenními jílovito-prachovými hlínami.

### 3. Historie těžby na Karvinsku

První objev uhlí v roce 1767 (Dombrovský, 2004) na vrchu Ptáčník u Kamienčoku v Karviné byl začátkem rozvoje města a jeho dlouholeté těžby. Těžba na Karvinsku začala za existence OKR v roce 1782 (Dopita et al., 1997), ale její největší rozvoj začal až ve třicátých letech 19. století. Do té doby představovala oblast tradiční zemědělskou krajinu a přírodní plochy pokryté převážně lesy (Mulková et al., 2016).

Od prvního objevu až k průmyslové těžbě je velmi těžké odhadnout množství vytěženého uhlí. Například Dopita et al. (1977) uvádí, že do roku 1996 v OKR bylo vytěženo 1,419 mld. tun uhlí. Těžba byla silně ovlivňována životními podmínkami a technologickou situací v daném období. Po zavedení parních strojů a objevení účinnějších důlních ventilátorů hloubka, ve které se nacházely sloje, přestala být rozhodujícím faktorem těžby (Martinec a Schejbalová, 2004).

Období první světové války bylo pro těžbu uhlí zprvu příčinou jeho utlumení, ale postupem se díky válce těžba stala prioritou. V letech 1916–1917 byla těžba uhlí na Karvinsku velmi vysoká a její sláva pokračovala do roku 1931 (Hajzlerová a Matroszová, 2009), kdy začala zasahovat hospodářská krize.

V letech 1945–1955 docházelo ke změnám v těžbě hlavně kvůli konci válečnému konfliktu a bylo zde třeba nahradit těžební stroje, které byly odstraněny Němci, ale také posílit pracovní sílu, kterou v přechodných letech tvořili hlavně pracovníci totálního nasazení.

V období let 1951–1953 byl vytvořen tzv. 1. generální plán OKR, který měl definovat jeho další vývoj. V průběhu následujících let bylo provedeno přes 1200 povrchových vrtů a mnoho průzkumných podzemních vrtů. V šedesátých letech se poté intenzivně investovalo do nových hlubinných dolů a do rekonstrukce již existujících důlních děl. V dolech byly instalovány ocelové podpěry, široké sítě a technika byla dovážena ze Sovětského svazu (Martinec a Schejbalová, 2004). V roce 1960 započala těžba v Dole 9. květen a v roce 1967 v Dole ČSM (Martinec et al., 2006).

Těžbu uhlí ovlivnil v sedmdesátých letech vzestup využívání ropy. Množství vytěženého uhlí mírně klesalo, ale s tím přišla další modernizace těžby. Byly zde přidány nové technologie, a to například shrnovací nakládače, pásové dopravníky nebo důlní kombajny. Po roce 1975 pomalu začala těžba uhlí klesat (Martinec a Schjebalová, 2004). Po roce 1976 do roku 1989 se zvýšil podíl těžby z více ohrožených slojí, která vyžadovaly nákladná protitřesová opatření (Martinec et al., 2006). Důvodem pro uzavření mnohých důlních děl bylo zvyšování nákladů pro těžbu a její zpomalování a zmenšení poptávky oceli.

Ke konci 20. století došlo k ukončení těžby v ostravské a petřvaldské části ve 14-ti dobývacích prostorech, a tím vzrostla produkce uhlí v karvinské části revíru. Díky uzavření důlních děl na Ostravsku, došlo k plné mechanizaci těžby na Karvinsku.

Před rokem 1989 došlo ke změnám v organizaci, a tak vznikly tři hlavní velké doly nazvané Důl ČSA, Darkov a Důl ČSM (Bičík et al., 2022). V roce 1998 začalo docházet ke změnám vlastnictví Ostravsko-karvinských dolů (OKD), kdy stát ztratil svůj většinový podíl, a podnik začaly skupovat různé společnosti. Následkem bylo formální zániknutí firmy OKD, a. s. v roce 2006, která se rozdělila mezi několik nástupnických společností.

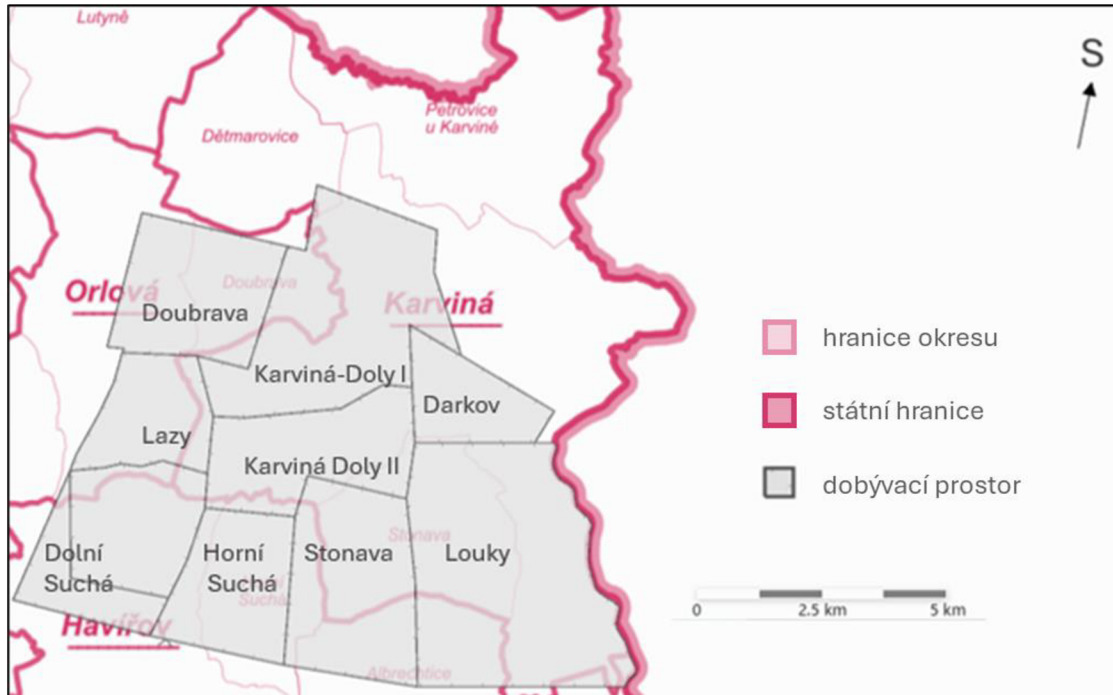
Náročné podmínky na trhu s černým uhlím byly důvodem tzv. restrukturalizace firmy v roce 2013, která uskutečnila přestěhování jejího sídla z Ostravy na Závod Důl Darkov do Karviné, a byl vytvořen centrální management pro všechny doly.

Propad cen uhlí ve světě byl hlavním důvodem ukončení těžby na Dole Lazy v roce 2019 a následným ukončení dobývání uhlí na Dole Darkov a Dole ČSA v roce 2021.

V současnosti je jediným činným dolem Důl ČSM s rozdělením Sever a Jih. Těžba uhlí je předpokládána v tomto dole do konce roku 2025 nebo začátkem roku 2026 do úplného vytěžení posledních připravených porubů. Po jejím ukončení je plánována technická likvidace dolu (okd.cz, 2024).

### 3.1. Dobývací prostory

Na obr. 4 je znázorněno členění dobývacích prostorů (dále jen DP) v karvinské části: DP Doubrava, DP Karviná-Doly I, DP Darkov, DP Lazy, DP Karviná Doly II, DP Horní Suchá, DP Dolní Suchá, DP Stonava a DP Louky.



Obr. 4 Dobývací prostory na území Karvinska (Územně analytické podklady 2024, upraveno)

#### Dobývací prostor Doubrava u Orlové

DP Doubrava se nachází v severozápadní části karvinských dobývacích prostorů (dále jen KDP), na východně od orlovské struktury. Rozloha DP je přes 953 ha a v jeho ploše má 8 hlavních důlních děl (HDD) jako například Doubrava I, jámu Doubrava II, jámu Doubrava III sever, jámu Doubrava IV sever (Green Gas DPB, 2022).

#### Dobývací prostor Karviná-Doly I

DP Karviná-Doly I leží východně od DP Doubrava a rozprostírá se o ploše 1 662,3 ha, a to z něho dělá druhý největší dobývací prostor v KDP. Karviná-Doly I byl posledním DP pro těžbu uhlí společně se zemním plynem (Smolová a Dušková, 2014). V DP Karviná doly I nalezneme Důlní závod Jan-Karel (bývalý důl ČSA) a 4 HDD, například tyto jámy: Jindřich č. 1, Jindřich č. 2, Jindřich č. 3.

### **Dobývací prostor Darkov**

DP nalezneme východně od DP Karviná Doly I v severovýchodní části KDP. DP Darkov je s rozlohou 508,4 ha nejmenším dobývacím prostorem KDP. Nachází se zde na hranici s DP Karviná Doly II a DP Louky nad Olší Důl Darkov a dvě HDD, a to jámy Darkov č. 1, a Darkov č. 2.

### **Dobývací prostor Lazy**

Jižně od DP Doubrava nalezneme DP s názvem Lazy a ze západní části je dobývací prostor omezen orlovskou strukturou. Rozloha tohoto DP činí 606,7 ha a na jeho ploše se nachází Důl Lazy a 8 HDD (Schellong et al., 2002) například jámu Hlavní, Vtažnou jámu č. 2 – Lazy a Výdušnou jámu č. 6 – Lazy a jámu Veverka – výdušná 2.

### **Dobývací prostor Karviná Doly II**

DP Karviná Doly II se nachází jižně od DP Karviná Doly I a západně od DP Lazy. Plošný rozsah DP Karviná Doly II je 934,6 ha a na jeho území se nachází Důl Barbora (Hohenegger, Mír), Důl Gabriel, na hranici Důl Darkov a 13 HDD. Jedná se o jámy jako například Hohenegger těžební jáma č. 1, Barbora těžní jáma č. 2 a Gabriela těžní jáma č. 1.

### **Dobývací prostor Dolní Suchá**

DP se rozprostírá o ploše 1 139,6 ha v jihozápadní části KDP. Na západě je omezen orlovskou strukturou a severně hraničí s DP Lazy. V tomto DP nalezneme Důl Dukla a 4 HDD, například Vtažná jáma – Dukla a Výdušná jáma č. 1 – Dukla.

### **Dobývací prostor Horní Suchá**

Dobývací prostor nalezneme v jižní části KDP a zaujímá plochu o rozloze 781,1 ha. V DP nalezneme Důl František a 3 HDD, a to jámu PG 1, PG 2 a PG 4.

### **Dobývací prostor Stonava**

DP se nachází v jižní části KDP, přesněji východně od DP Horní Suchá. S rozlohou 1 150,8 ha je třetím největším DP v rámci KDP. V DP se nachází Důl 9. květen a 4 HDD např. jámu Barbora V.

### **Dobývací prostor Louky**

DP se nachází v jihovýchodní části KDP. Jedná se o jediný DP, který má atypický tvar, a to z důvodů jeho východní hranice s Polskou republikou. DP Louky je největším DP v rámci KDP s rozlohou 2209,7 ha (Green Gas DPB, 2022). V DP nalezneme na hranici Důl Darkov, Důl ČSM Jih a Sever a 5 HDD, a to Vtažné a Výdušné jámy ČSM sever a jih a Vtažnou jámu č. V – Darkov.

## **4. Dopady těžby uhlí na Karvinsku**

Karvinská oblast je ovlivněna těžbou již přes 200 let, a to má za následek ovlivňování různých složek životního prostředí. V jakém rozsahu bude prostředí ovlivněno, určují okolní podmínky, jako jsou například mocnost masivu a uhelných slojí, způsob a délka trvání těžby nebo vlastnosti okolních hornin.

Důsledkem těžby pak mohou být poklesy terénu vlivem poddolování, změny hladiny povrchové i podzemní vody, kontaminace vodních toků, výrony plynů a znečišťování krajiny důlním odpadem (Marschalko et al., 2008).

### **4.1. Poklesy terénu v karvinské oblasti**

Poklesy povrchu jsou jedním z mnoha dopadů těžby uhlí na Karvinsku. Dochází k nim v důsledku vzniku volných prostorů po vytěžené surovině a narušení stabilního horninového prostředí (Bell et al., 2000). Prostory po vytěžené surovině mohou být dále zatopeny, či ponechány nevyplněné. Následky poddolování povrchu jsou značné, příklady jsou zavalování vydobytých prostor, tvorba poklesových kotlin, seizmické jevy a tvorba mechanicky oslabených zón (Müllerová et al., 2008).

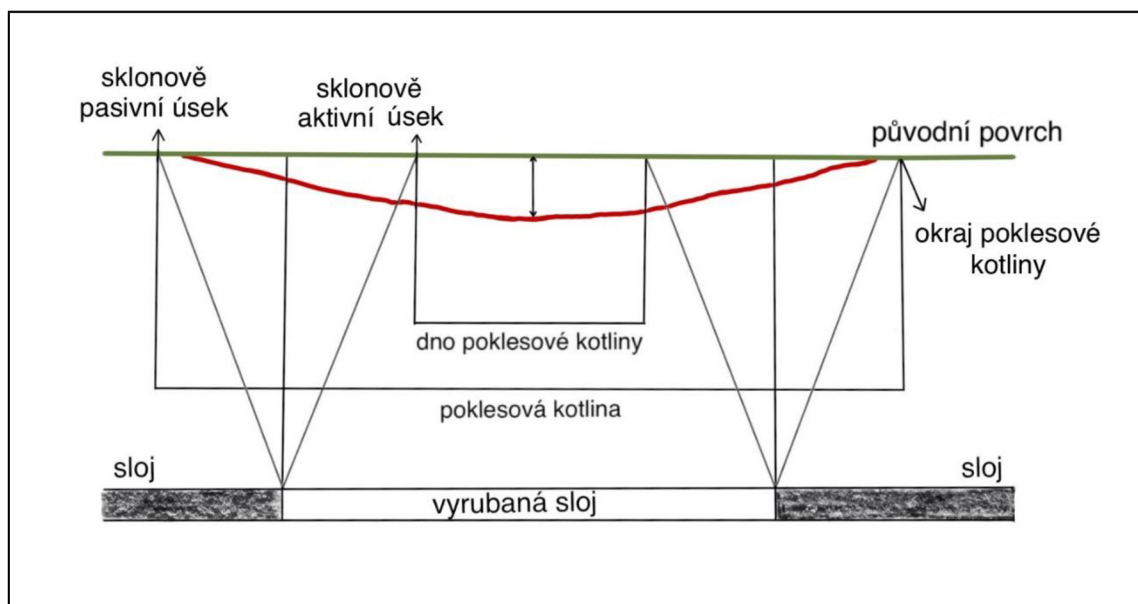
Na Karvinsku jsou poklesy povrchu monitorovány po celém území. V některých oblastech byly zaznamenány poklesy terénu až o 40 m. Takto velké poklesy mají za následek významnou změnu krajiny. Příkladem, kdy došlo k takové změně může být známý pokles kostela svatého Petra z Alkantary, který se propadl o více než 37 m a naklonil se skoro 7° na sever (Marschalko et al., 2016).

#### **4.1.1. Poklesové kotliny**

Poklesová kotlina vzniká v důsledku vytěžení části ložiska, kdy dochází k překročení soustředěného napětí a způsobí průnik hornin do vytěžené části (Marschalko et al., 2013). Vznik a tvar poklesové kotliny nad vyrubanou slojí je ovlivněn řadou faktorů – mocnost ložiska, velikost odrubané plochy a její hloubka, úklon dobývání a metoda dobývání (Schenk, 2000).

Pokud dojde k poklesu v bezprostřední blízkosti řek, dojde k jejich zatopení podzemní vodou a vznikají poklesové kotliny (obr. 5). Takový jev vzniká v důsledku nárůstu erozní činnosti na jedné straně a ztrátě sklonu doprovázeným záplavami na straně druhé. Po směru toku (spodní část kotliny) nastává snížení sklonu dna oproti počátečnímu sklonu. Hladina vody se přitom relativně zvyšuje, protože nesleduje pokles dna. Díky změně rychlosti průtoku a zmenšení sklonu je pro splaveniny jednodušší se ukládat a tím postupně zvyšovat

dno kotliny. Tento úsek se nazývá sklonově pasivní. Horní část kotliny se označuje jako sklonově aktivní, a to díky narůstání podélného sklonu dna, tudíž zvýšení erozní činnosti a prohlubování dna (Martinec et al., 2006). Největší poklesovou kotlinou na Karvinsku je tzv. Darkovské moře, které zaujímá plochu o rozloze 31,4 ha. Dalšími příklady jsou Libeřok a Kozí Becirk. V roce 2012 bylo zaznamenáno přibližně 80 poklesových kotlin v karvinské oblasti (Mulková et al., 2016).



Obr. 5 Znárodnění poklesové kotliny (Beneš a Lambert, 2022, upraveno)

#### 4.2. Ovlivnění vodních toků

S příchodem těžebního průmyslu na Karvinsko se začaly zvyšovat nároky na spotřebu vody. Vodní toky byly postupně vytlačovány a rozvíjela se tvorba nádrží, odkališť a uložišť hlušiny. S ukončováním těžby je narušena rovnováha mezi tzv. přítokovou a odčerpávací vodou, která byla vytvořena díky čerpání důlních vod (Martinec a Schejbalová, 2004).

Přítoková voda pochází v dané oblasti ze čtyř hlavních zdrojů (kvartérní vody, bádenské kolektory, rozhraní karbonských a nadložních útvarů a samotného karbonu, průmyslová voda) (Martinec et al., 2006).

Voda v důlních dílech byla používána při hornické činnosti jako je vrtání, zvlhčování, zkrápění atd. Odčerpávání důlních vod a udržování podzemní hladiny je bezpečnostním opatřením důlního provozu, protože přítoková voda by mohla proudit do ještě aktivních důlních lokalit (iUhlí, 2018). Po ukončení těžby je možnost zastavit čerpání vody, tím narušit



rovnováhu mezi přítokovou a odčerpávací vodou a pomalu zaplavovat neaktivní důlní dílo (Martinec a Schejbalová, 2004, iUhlí,2018).

Vodní toky jsou také ovlivňovány např. absolutním poklesem, relativním poklesem a horizontálními posuny, které vznikají v důsledku těžby a silně ovlivňují povrch. Absolutní pokles snižuje funkčnost říčního objektu, příkladem je poddolování jezu, kdy dochází k snížení jeho spádové funkce. Relativní pokles a horizontální posun ohrožují jeho stabilitu, čímž u příkladu dochází k rozrušování jezu a jeho následnou destrukci (Martinec et al., 2006).

### **4.3. Výrony plynů**

Karvinsko se současně stále řadí k městům s výrazně znečištěným ovzduším v ČR. Škodliviny, které zásadně ovlivňují kvalitu ovzduší jsou hlavně částice polévatého prachu (Kozelská Bencúrová, 2019). Z hlediska důlních plynů je nejvíce nebezpečný metan, který je možným zdrojem explozí, či hoření. Metan nepředstavuje nebezpečí pouze u tzn. aktivních dolů. K uvolňování důlních plynů stále dochází i s likvidací dolu a ukončením těžby. Jedná se o tzv. zbytkové ohnivé proudy (Stolárik et al., 2017). V OKR vystupuje metan na povrch pomocí komunikačních cest, proto je nutné zajistit výstup plynů pomocí odplynovacích vrtů (Pravňanský a Danel, 2008).

Dalším faktorem při znečištění ovzduší je hoření hald, díky kterému se do vzduchu uvolňují oxidy síry, dusíku a uhlíku.

### **4.4. Změna reliéfu krajiny v důsledku ukládání hlušiny**

Uložištěm především karbonové hlušiny sloužily odvaly, které zásadně měnily morfologii terénu. Odpady, které jsou uloženy na kuželových haldách, jsou velmi nestabilní a časem se rozpadají. Z pohledu petrologie haldy obsahují převážně pískovce a konglomeráty, v menším množství také jílovce a slínovce. Důležitou roli ve složení hald je i uhlí, jehož procentuální zastoupení záleží na druhu uhlí (Martinec a Schejbalová, 2004).

Uložištěm uhelných kalů, vznikajících jako sekundární produkt úpravy uhlí, je odkaliště. Jedním z negativních vlivů na životní prostředí vlivem tvorby odkališť, je zaujímání velké plochy a zásah do krajinného reliéfu. Uhelne kalý také mohou prosakovat do podzemních vod, ale vzhledem k charakteru hornin i samotných kalů je průsak velmi pomalý až zanedbatelný. Uhelne kalý také mohou způsobovat přetoky v období dešťů (Martinec et al., 2006).

## 5. Metodika a postupy řešení

Má bakalářská práce se zaměřuje na analýzu povrchu terénu na Karvinsku, a to v poddolovaných oblastech. Karvinská oblast je předmětem mnoha studií hlavně díky těžbě, která již probíhá přes 200 let, a proto je to jedno z nejprozkoumanějších těžebních území. Analýza vývoje povrchu terénu zde vychází především z nivelačního měření terénu.

### 5.1. Souřadnicové referenční systémy

Souřadnicové systémy umožňují jednoznačné přiřazení polohy pomocí souřadnic ( $x, y, z$ ), zeměpisné šířky, délky a výšky, které vycházejí z polohových údajů a výškových geodetických systémů. Na území České republiky jsou nejpoužívanější tři systémy souřadnic.

Prvním souřadnicovým systémem je systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), který je závazným geodetickým referenčním systémem na území České republiky dle Nařízení vlády č. 159/2023 Sb. v platném znění.

Další souřadnicový systém nese název Evropský terestrický referenční systém 1989 (ETRS89), který je také závazným geodetickým referenčním systémem na území České republiky dle Nařízení vlády č. 159/2023 Sb. v platném znění, a dále je závazným souřadnicovým referenčním systémem na území Evropské unie dle směrnice INSPIRE.

Třetím je Světový geodetický systém 1984 (WGS84), který je závazným geodetickým referenčním systémem na území České republiky dle Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. v platném znění.

### 5.2. Výškové systémy

Na Karvinsku se v minulosti měřilo podle dvou hlavních výškových systémů. První z nich je Jaderský výškový systém (dále jen Jadran). Ten udává výšku nad hladinou moře se třemi rozdílnými referenčními body a má nulový bod v italském Terstu (Pokorný et al., 2004).

Pomocí Jadranu se na Karvinsku měřilo až do roku 1961, ale již od roku 1952 se také používal Baltský výškový systém po vyrovnání (dále jen Bvp), který je využíván dodnes. Výchozím bodem pro Bvp je nula stupnice vodočtu umístěného na břehu Baltského moře (Pokorný et al., 2004).

Hlavním důvodem přechodu z Jadranu na Bvp bylo sjednocení geodetických systémů a nivelačních sítí ve východních a středních státech Evropy, které proběhlo v roce 1957 (Beneš a Lambert, 2022).

Tento přechod vyžadoval složitý přepočítání hodnot nadmořských výšek, kdy Bpv vycházelo přibližně 0,42 m pod úrovní Jadrana (Pokorný et al., 2004). Bpv je v současnosti závazným geodetickým referenčním systémem na území ČR dle Nařízení vlády č. 159/2023 Sb. v platném znění.

V zaznamenaných nivelačních měřeních, která jsem měla k dispozici, byl do roku 1953 využíván výškový systém Jadrana. V letech 1959–1963 se systémy překrývaly a po roce 1966 se využíval pouze Bpv.

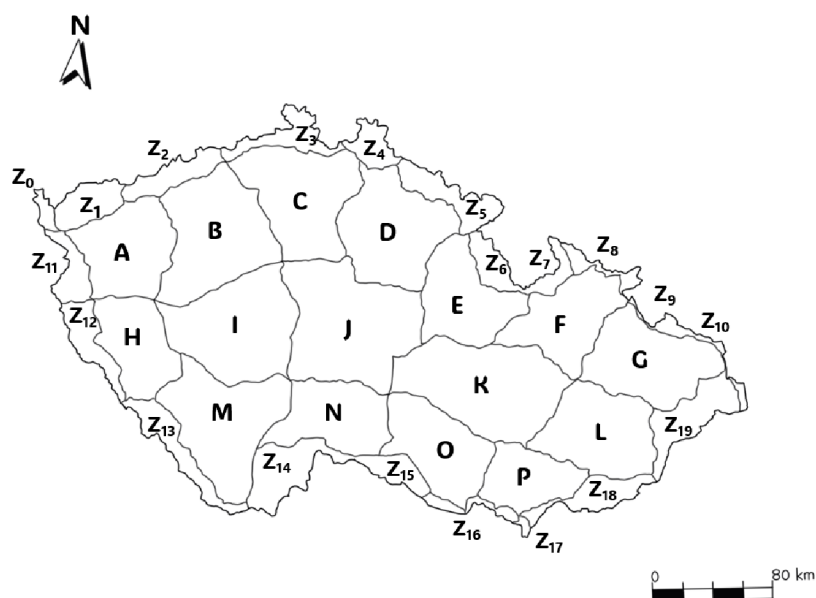
### 5.3. Výškové bodové pole

Výškové bodové pole České republiky (obr. 6) můžeme definovat jako síť, budovanou metodou geometrické nivelace ze středu. Tuto nivelační síť můžeme rozdělit do dvou hlavních kategorií.

**Základní výškové bodové pole (ZVBP)** obsahuje základní nivelační body a body státní nivelační sítě I. až III. řádu (ČSNS). Základní nivelační bod Lišov je nejvýznamnější výškový výchozí bod, kvůli jeho brzkému výškovému určení, které proběhlo v roce 1889.

Na druhé straně je **podrobné výškové bodové pole (PVBP)**, ve kterém se nachází body nivelační sítě IV. řádu, plošné nivelační sítě a stabilizované body technických nivelací.

Každý řád toleruje odlišnou požadovanou přesnost měření a liší se technologií a označením. Pro pořady I. – IV. řádu a plošné nivelační sítě jsou nadmořské výšky uváděné v metrech s přesností na tři desetinná místa a u ostatních nivelačních bodů s přesností na dvě desetinná místa (Vyhláška 31/1995 Sb.).



Obr. 6 Základní výškové bodové pole ČR, (Vyhláška 31/1995 Sb., upraveno)

## 5.4. Nivelační měření

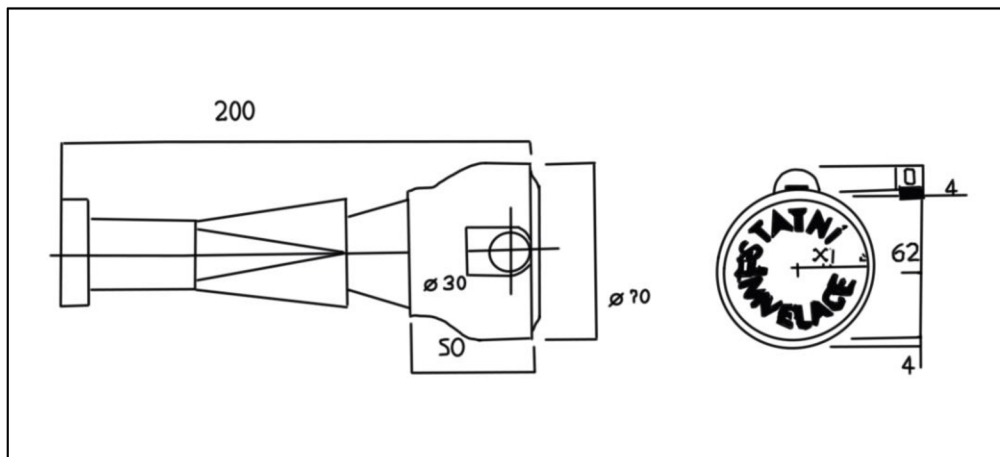
Jedním z nejpoužívanějších a nejpřesnějších měření poklesů terénu je přesné nivelační měření (Kowalczyk et al., 2009), u kterého se zaměřuje výškový rozdíl dvou měřících bodů za pomoci nivelačních laťí. Nivelační body se instalují před nebo během těžby a jejich zaměřování probíhá několikrát za rok. Tento monitoring má především sledovat vývoj terénu během a po ukončení těžby.

### 5.4.1. Měření metodou přesné nivelace ze středu

Principem přesné nivelace ze středu je postavení nivelačního přístroje ve středu vzdálenosti měřících bodů (příloha 1). Nivelačním přístrojem se poté zaměřuje lať, kde se následně odečítá laťový úsek. Výsledkem je výškový rozdíl získaný po odečtení obou laťových úseků (Potužák, 1949).

#### 5.4.1.1. Nivelační body

Nivelační body se stabilizují dle vyhlášky 31/1995 Sb. pomocí skalní, hřebové nebo čepové značky (obr. 7). Vzdálenost bodů by měla být v nezastavěné oblasti max. 1 km a v zastavěné max. 0,3 km. Tyto body jsou zákonem chráněny před zničením nebo poškozením a jsou řádně označeny.



Obr. 7 Stabilizace nivelačního bodu pomocí čepové značky (Vyhláška 31/1995 Sb., upraveno)

#### **5.4.1.2. Nivelační latě**

Nivelační latě, užívané k nivelačnímu měření, bývají 3 nebo 4 m dlouhé a 8–12 cm široké. Latě pro přesnou nivelaci bývají děleny na laťovém úseku po půlcentimetrech a jednotlivé dílky jsou označeny čárkami (Potužák, 1949). Latě se při měření nesmí stavět přímo na zem, proto je nutné užít litinové podložky, tzv. žabky, které jsou ze spodní části opatřeny hroty pro pevné zajištění do půdy, v případě liniových staveb se pokládají na zpevněný povrch.

#### **5.4.1.3. Nivelační přístroje**

Hlavními částmi nivelačního přístroje jsou dalekohled, nivelační libela a otáčivá podložka (Potužák, 1949). Nivelační přístroje se dělí buď podle způsobu urovnání záměrné přímky do vodorovné polohy na libelové a kompenzátorové, nebo podle způsobu vytyčení vodorovné roviny na optické, elektronické (digitální) a laserové.

Měření optickými nivelačními přístroji se odečítání na laťovém úseku se realizuje pomocí ryskového kříže v dalekohledu. Příkladem optického nivelačního přístroje může být SOKKIA SDL1X, který zaměřuje s přesností na 0,2 mm.

#### **5.4.2. Měření metodou GNNS**

Měření metodou GNNS je relativně nový způsob zaměřování výšek na Karvinsku. Tuto metodou zde v roce 2006 začal využívat Ústav geoniky AV ČR (Doležalová, 2010) a začaly se budovat nové geodetické body – odrazné hranoly (obr. 8) a jejich pozorovací stanice v bezprostřední blízkosti zasažených oblastí.

Touto metodou jsou zaměřovány prostorové souřadnice bodů, tudíž pouze kromě poklesů lze navíc i vypočítat horizontální posuny těchto bodů a možné deformace jednotlivých nivelačních pořadů (Doležalová, 2010, Doležalová a Kajzar, 2016).

Metoda GNNS se postupně stává populární díky její finanční dostupnosti a jednoduchosti. Nežádoucí situací GNNS se může projevit v případě přítomnosti stromů, budov a jiných překážek, které mohou narušit měření a dochází tím k větším chybám v měření nebo dokonce k úplnému přerušení měření (Nowak, 2014). Chybná měření se pak odstraňují pomocí různých matematických rovnic jako např. použitím vzorce pro střední chybu.



Obr. 8 Odrazný hranol na měření lokality Stonava – Mexiko (Koňáriková, 2023)

## 5.5. Vertikální posuny

Vertikální posuny jsou jednou ze tří charakteristik pro posouzení změny terénu ve vztahu k jeho deformaci v poddolovaných územích, kterou vyjadřuje norma ČSN 73 0039 Navrhování objektů na poddolovaném území (1989). Zbylé dvě charakteristiky tvoří horizontální posuny a zakřivení terénu. Vertikální posuny mají vliv na tzv. naklání objektů a dle empirie normy ČSN 73 0039 lze podle vlivů naklonění rozdělit stanoviště do 5 hlavních skupin (tab. 1).

Tab 1 Rozdělení stanovišť dle vlivů naklonění do hlavních skupin (dle ČSN 73 0039)

skupina	naklonění terénu $D$ mm/m	označení stanoviště
I. skupina	$D > 10$ mm/m	nevhodné stanoviště
II. skupina	8–10 mm/m	nevhodné stanoviště
III. skupina	5–8 mm/m	podmínečně vhodné
IV. skupina	2–5 mm/m	podmínečně vhodné
V. skupina	$< 2$ mm/m	vhodné staveniště

## 6. Vstupní data a databáze nivelačních bodů

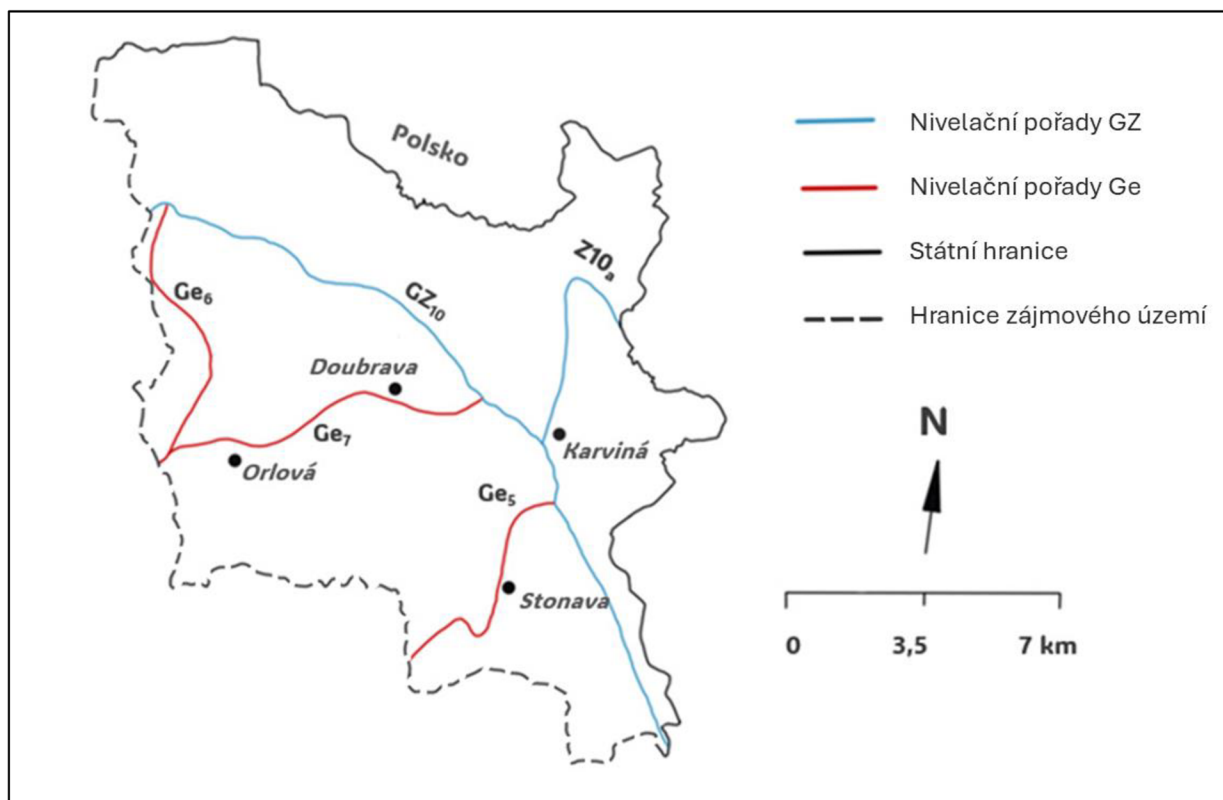
### 6.1. Vstupní data

Jako zdroj dat jsem využila databázi nivelačních měření získanou pomocí Ústavu geoniky Akademie věd ČR, archivu DIAMO s.p., odštěpný závod DARKOV, databázi České geologické služby, Geoportál Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

Informace, které byly nezbytně nutné pro vytvoření přehledné databáze:

- název zaměřované lokality
- název nivelačního pořadu
- název měřené přímky
- označení nivelačního bodu
- souřadnice X a Y (S-JTSK)
- datum zaměřování geodetických bodů
- měřená nadmořská výška bodu

Tyto informace se nacházely jak v elektronických formách, tak i v písemně sepsaných materiálech. Zaměřování na Karvinsku probíhalo buď na hlavních nivelačních tazích (nivelace oblastí I. řádu), revírních nivelačních pořadech nebo na zvoleném území postiženým poklesy. Hlavními nivelačními tahy nacházejícími se na zájmovém území jsou pořady nacházející se v sektoru G (obr. 6), konkrétněji pořady Ge (Ge5, Ge6, Ge7) a GZ (GZ10 a Z10a), (obr. 9).



Obr. 9 Hlavní nivelační tahy na Karvinském území (Geoportál ČUZK, DIAMO s.p., odštěpný závod DARKOV, upraveno)

Nivelační pořady Ge jsem měla dostupné z archivu DIAMO s.p., odštěpný závod DARKOV v písemné formě a jejich nejnovější měření (rok 2015) je dostupné na Geoportálu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČUZK). Nejstarší dohledané měření je z nivelačního pořadu Ge5, a to v roce 1959 a nejmladší měření je právě z roku 2015.

## 6.2. Tvorba databáze nivelačních bodů

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvořit databázi všech dostupných nivelačních bodů. Během tvorby databáze bylo nutné sjednotit geodetická měření do přehledné formy. V průběhu let na karvinském území probíhalo mnoho nivelačních měření, ale u velkého množství z nich nebyly známy souřadnice bodů, nebo byly body poškozeny či úplně zničeny, tedy nebylo již možné je zpětně dohledat. Mým úkolem nebylo tedy jen opsat údaje o měření a sjednotit je do databáze, ale pokusit se i nalézt údaje o bodech a jejich souřadnicích. Tyto souřadnice chyběly nejčastěji u bodů staršího zaměření, jako jsou například pořady Ge. Tyto nivelační tahy jsou ale vedeny v Geoportálu ČUZK, proto se daly zpětně dohledat jejich souřadnice v nivelačních údajích o daném bodu (obr. 10).



### **6.3. Zpracování dat pro tvorbu mapy**

Data z přehledné databáze geodeticky zaměřených bodů bylo třeba vykreslit v MicroStationu pro její další zpracování a vytvoření přehledné mapy.

Databáze je zpracována v Microsoft Excelu (formát XLSX). Potřebná data bylo třeba převést do formátu DXF. Pro tuto transformaci byl zvolen program Surfer, který importuje a exportuje formáty souborů, jako např. DXF, PDF, LAS/LAZ, XLSX, SHP a transformuje data XYZ na mřížku nebo rastr pomocí 13 různých interpolačních metod.

Převedená data ve formátu DXF již bylo možné otevřít v programu MicroStation, uložit ve formátu DGN a dále zpracovat do přehledné mapy. V příloze 2 jsou zaznačeny geodeticky zaměřené body na karvinském území, které jsem měla k dispozici. Celkem je na mapě vyznačeno 290 geodetických bodů, které jsou vedeny v 17 nivelačních pořadech.

# NIVELAČNÍ ÚDAJE

Nivelační pořad: Ge7 Karviná-Orlová						
Předchozí bod	Nivelační bod	Délka v km		Nadmořská výška Bpv	Výška z roku	
		oddílu	od počátku			
Ge7-1.2	<b>Ge7-2</b>	0.518	1.230	<b>222.376 m</b>	2015	
<p>Místopisný popis: Staré Město, dům čp.267, škola</p>		<p>Místopis: Ge7-2</p>				
<p>Stav a stáří objektu: značka 0,3 m nad zemí zachovalá podsklepená jednopatrová stavba z roku 1925</p> <p>Poznámky:</p>		<p>Úz. jednotka: 380300106 Okres: Karviná Obec: Karviná Kat. území: Staré Město u Karviné Mastník/parc. č.: /</p>				
ZM-50	15-44		SMD-5	OSTRAVA1-0		
Druh zn.	Stupeň stab.	Stabilizoval	Druh bodu	Souřadnice v S-JTSK		
ČV	3	OÚGK		Y	453691 m	dig.
	Druh stab.	Opava, Ing.Smolka		X	1100092 m	
	N	1959				
Zeměpisná délka		Zeměpisná šířka	Gs	Gn	Ba	
18° 31' 0,5"		49° 51' 43,6"	981012 mgal	981054 mgal	16 mgal	
Datum: 25.3.2024						

Obr. 10 Nivelační údaje pro daný bod (Geoportál ČUZK, 2024)

## **7. Vlastní měření a jeho zpracování**

### **7.1. Měření na lokalitě Stonava**

Nivelační měření probíhalo na lokalitě Stonava – Mexiko, které se nachází v dobývacím prostoru Louky. Měřeno bylo celkem pět nivelačních bodů – P01, P02, P03, P04, P05.

Na lokalitě probíhá automatické zaměřování metodou GNNS. V bezprostřední blízkosti měřené nivelační přímky se nachází areál Dolu ČSM-Sever, proto tato automatická zaměřování mohou být negativně ovlivňovány stále probíhající těžbou. Dochází zde díky vibracím z těžebního kola k potenciálnímu chybnému měření, proto je nutné odstranit tuto chybu pomocí tzv. kalibračního měření.

Mezi monitorovanými body bylo využito zabudované plynového potrubí. Vyrovnání převýšení se zde provádělo metodou přesné nivelace ze středu, kdy byly výsledné měřené hodnoty porovnávány s měřenými hodnotami metodou GNNS.

Geodetické body na lokalitě byly umístěny na přímce o délce asi 230 m (obr. 11). Pomocí nivelačního přístroje SOKKIA SDL1X (příloha 3) v kombinaci se stativem bylo přeměřeno celkem pět geodetických bodů. Přístroj byl umístěn uprostřed nivelačních latí spojnice a měřilo se s přesností 2/10 mm. K měření byly používány dvě invarové nivelační latě o délce 3 m (příloha 4), ale při větších vzdálenostech mezi body byla použita další pomocná lať o délce 1 m. Tyto latě byly podloženy nivelačními podložkami, nebo se přikládaly přímo na šroub odrazného hranolu. Celkově se provedlo 7 měření v různém pořadí metodou tam a zpět.

Měření přesné nivelace mohou silně ovlivňovat okolní podmínky. Nivelační latě jsou vyrovnávány pomocí libely, proto silný vítr nebo déšť mohou být negativním faktorem tohoto měření. Dále je měření ovlivňováno teplotou, kdy v létě za vysokých teplot dochází k roztahování asfaltu, což může ovlivnit výsledné hodnoty.



Obr. 11 Vyobrazení měřených bodů P01–P05 na lokalitě Stonava – Mexiko na mapě

## 8. Výsledné hodnoty

### 8.1. Poklesy dle vypracované databáze

Vypracovaná databáze obsahuje 290 geodetických bodů (o známých souřadnicích), které jsou vedeny v 17-ti nivelačních pořadech. Geodetické body, které byly vkládané do databáze, musely obsahovat název zaměřované lokality, název nivelačního pořadu, název měřené přímky, označení nivelačního bodu, souřadnice X a Y (S-JTSK) a datum zaměřování geodetických bodů. Databáze byla vypracovávána na základě požadavku pro DIAMO s.p., o.z. DARKOV a je dostupná na vyžádání pro vyhodnocování poklesů.

#### Lokalita Doubrava

Na lokalitě Doubrava docházelo k poklesům na nivelačních pořadech v severní oblasti dobývacích prostorů Doubrava u Orlové, a to na přímce Měření pod Ujalou (obr. 12), kdy došlo k poklesu v letech 2010–2022 až o 0,66 m (tab. 2).

Tab. 2 Zobrazení měření výšek a poklesů na měřené přímce pod Ujalou v letech 2010–2022.

Měření pod Ujalou	Nivelační bod	2022	2021	2020	2019	2018	2010	Pokles 2010–2022
	12	233,1181	233,1213	233,1242	233,1376	233,1711	233,7746	0,657
5	216,0567	216,0598	216,0613	216,0625	216,0718	216,1907	0,134	

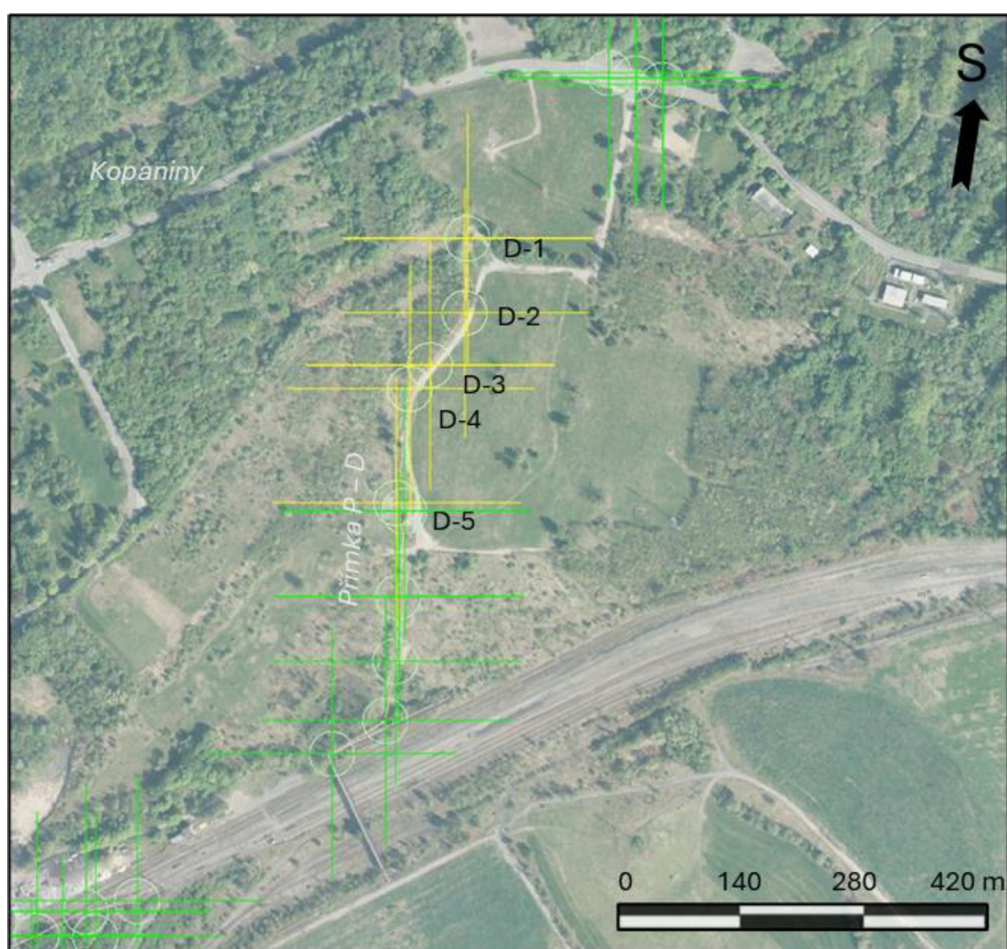


Obr. 12 Vyobrazení nivelačních bodů (zeleně – viz. příloha 2) s vyznačením bodů 5 a 12 (žlutě) s výrazným poklesem lokalita Doubrava na mapě

Na nivelačním pořadu trasy CPH ve vlastnictví Green Gas DPB a.s. měřené přímky P-D v oblasti, tzv. 22. kry DP Doubrava v k.ú. Doubrava u Orlové (obr. 13) měřené poklesy od roku 2017 až do roku 2022 dosahovaly 2,20 až 2,50 m (tab. 3).

Tab. 3 Zobrazení měření výšek a poklesů na měřené přímce P-D v letech 2017–2022.

Přímka P-D	Nivelační bod	2022	2021	2020	2019	2018	2017	Pokles 2017–2022
	D-1		261,365	261,414	261,956	262,252	262,954	263,862
D-2		259,34	259,388	259,935			261,772	2,432
D-3		252,8	252,849	253,395	253,709	254,42	255,146	2,346
D-4		249,923	249,971	250,482	250,806	251,52	252,125	2,202



Obr. 13 Vyobrazení nivelačních bodů (zeleně – viz. příloha 2) s vyznačením bodů D-1, D-2, D-3, D-4, D-5 (žlutě) s výrazným poklesem lokalita Doubrava na mapě

## Lokalita Staré Město u Karviné

Měřené body nivelační přímky P1 z oblasti, tzv. 11. kry směrem do centra obydlené části Starého Města (kaple) zobrazenou na obr. 14, v letech 2016–2022 dosahovaly poklesů až 0,46 m (tab. 4).

Tab. 4 Zobrazení měření výšek a poklesů na měřené přímce P1 v letech 2016–2022.

Přímka P1	Nivelační bod	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	Pokles 2016–2022
	P1-1		220,548	220,549	220,55		220,976	220,982	221,011
P1-2		221,071	221,073	221,071	221,075	221,079	221,086	221,115	0,044
P1-3		220,165	220,215	220,216	220,221	220,246	220,254	220,281	0,116
P1-4		221,348	221,35	221,347	221,352	221,359	221,361	221,391	0,043
P1-5		219,5	219,511	219,53	219,554	219,577	219,582	219,611	0,111



Obr. 14 Vyobrazení nivelačních bodů (zeleně – viz. příloha 2) s vyznačením bodů P1-1, P1-2, P1-3, P1-4, P1-5 (žlutě) s výrazným poklesem lokalita Staré město u Karviné na mapě

## Nivelační pořady Ge

První dohledatelné měření nivelačního pořadu Ge5 (obr. 15) pochází z roku 1959 a jeho zaměřování probíhalo do roku 2015. Za toto období zde poklesy dosáhly až 3,41 m (tab. 5).

Tab. 5 Zobrazení měření výšek a poklesů na měřeném pořadu Ge5 v letech 1959–2015.

Nivelační tah Ge5	Nivelační bod	2015	2001	1993	1966	1959	Pokles 1959–2015
	8		241,913	242,04	242,127	242,664	242,68
9		240,039		242,559	243,428	243,448	3,409
10		236,885	237,25	237,339	237,936	237,969	1,084



Obr. 15 Vyobrazení nivelačních bodů (zeleně – viz. příloha 2) s vyznačením bodů 8,9,10 (žlutě) s výrazným poklesem na nivelačním pořadu Ge5



Nivelační pořad Ge6 (obr. 16) je v databázi veden od roku 1993 do roku 2015. Největší poklesy povrchu zde byly 4,34 m (tab. 6).

Tab. 6 Zobrazení měření výšek a poklesů na měřeném pořadu Ge6 v letech 1993–2015

Nivelační tah Ge6	Nivelační bod	2015	1996	1993	Pokles 1993–2015
		<b>11</b>	276,907	276,999	277,022
	<b>16.2</b>	241,271	243,44	245,608	<b>4,337</b>
	<b>19.1</b>	239,054	241,868	241,966	<b>2,912</b>



Obr. 16 Vyobrazení nivelačních bodů (zeleně – viz. příloha 2) s vyznačením bodů 11, 16.2, 19.1 (žlutě) s výrazným poklesem na nivelačním pořadu Ge6

Nivelační tah Ge7 (obr. 17) je prokazatelně dokumentován v letech 1993–2015 a největší poklesy povrchu zde dosáhly až 1,27 m.

Tab. 7 Zobrazení měření výšek a poklesů na měřeném pořadu Ge7 v letech 1993–2015

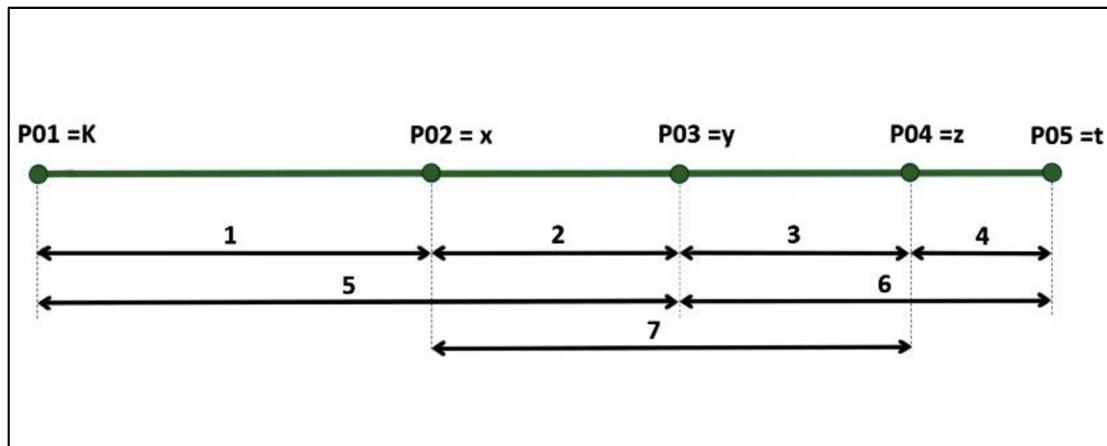
Nivelační tah Ge7	Nivelační bod	2015	2001	1998	1996	1993	Pokles 1993–2015
		<b>4.1</b>	222,881	223,197	223,228	223,248	223,294
	<b>4.4.1</b>	223,947	224,183	224,234	224,321	224,419	<b>0,472</b>
	<b>10.3=10a</b>	226,376	227,118	227,21	227,352	227,642	<b>1,266</b>



Obr. 15 Vyobrazení nivelačních bodů (zeleně – viz. příloha 2) s vyznačením bodů 4.1, 4.1.1, 10.3=10a (žlutě) s výrazným poklesem na nivelačním pořadu Ge7

## 8.2. Výsledky vlastního měření na lokalitě Stonava – Mexiko

Nivelační měření zde probíhalo v rámci vyrovnání převýšení mezi monitorovanými body plynového potrubí. Schéma měření je znázorněno na obr. 18. Zaměřeno bylo celkem pět bodů pomocí sedmi měření metodou přesné nivelace ze středu. Výsledky měření jsou prezentovány v tabulce č. 8.



Obr. 18. Schéma měření geodetických bodů na lokalitě Stonava – Mexiko (Ústav geoniky AV ČR, 2023, upraveno)

Tab. 8 Výsledné hodnoty měření převýšení mezi body na lokalitě Stonava – Mexiko

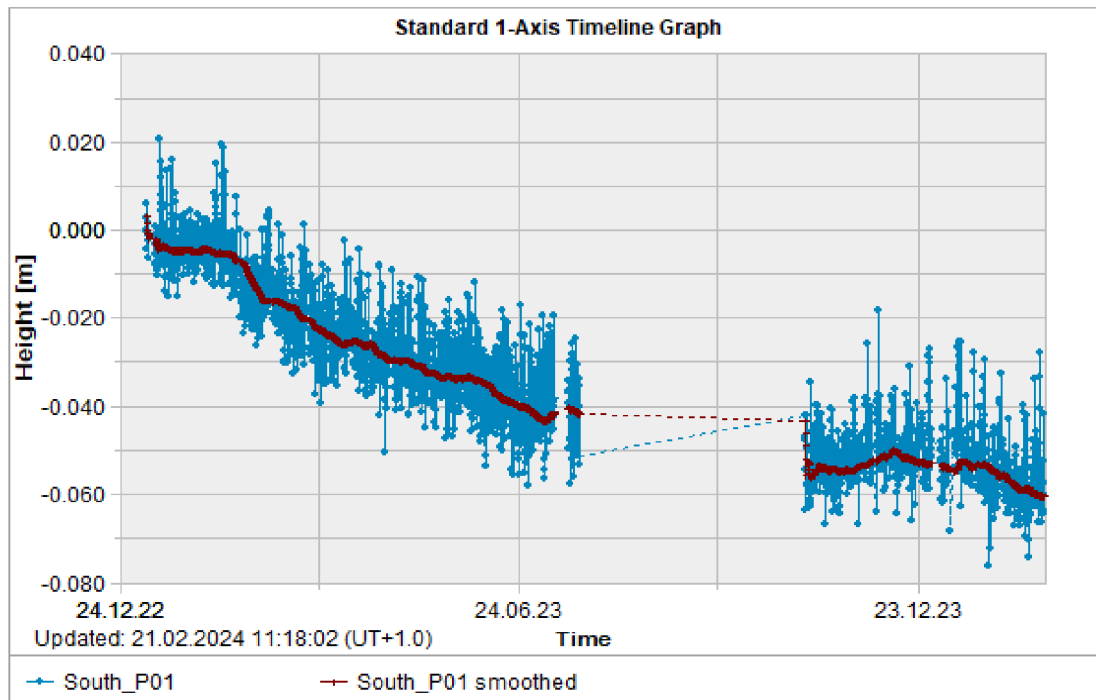
převýšení		číslo měř. převýšení	měřené převýšení (m)
P01	P02	1	-4,4791
P02	P03	2	-2,3096
P03	P04	3	-2,3083
P04	P05	4	-1,2255
P01	P03	5	-6,7889
P03	P05	6	-3,5331
P02	P04	7	-4,6173

Z tabulky lze vyčíst převýšení mezi body P01 a P02 -4,48 m, mezi body P02 a P03 nabývá hodnot -2,31 m, mezi body P03 a P04 -2,31 m, mezi body P04 a P05 -1,23. Převýšení mezi body P01 a P03 bylo změřeno -6,79 m, P03 a P05 -3,53 m, P02 a P04 -4,62. Tato měření se dále zpracovávají a porovnávají se s kontinuálním zaměřováním metodou GNNS.

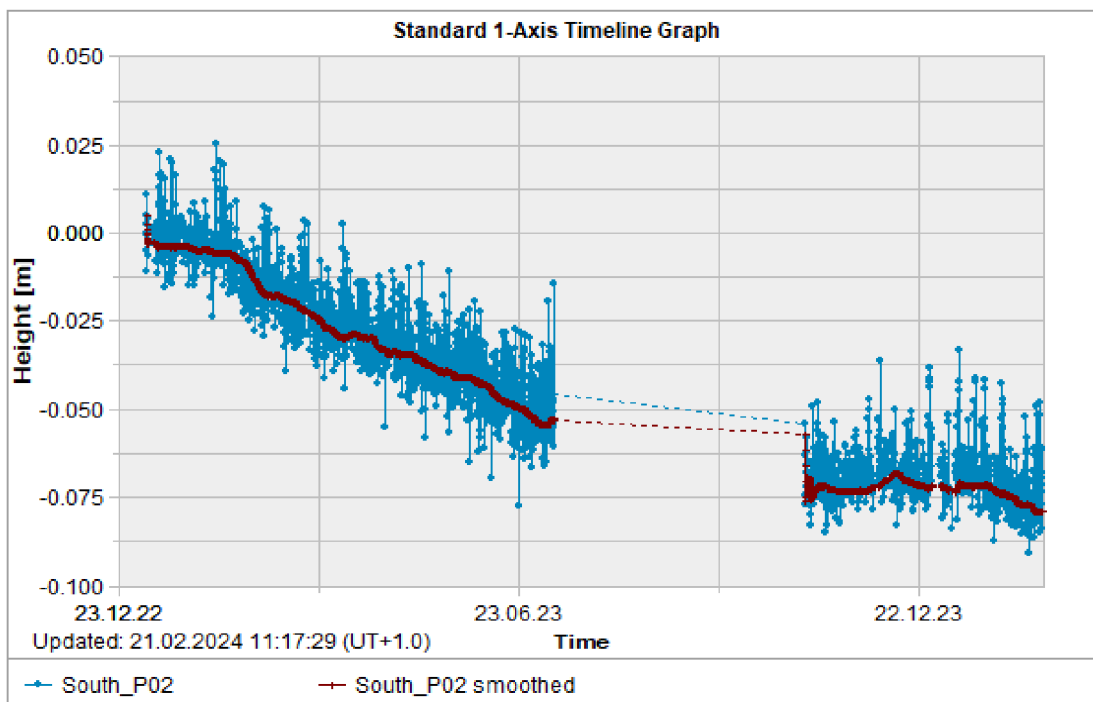
### 8.3. Výsledky kont. Snímání metodou GNNS

Z databáze kontinuálního zaměřování metodou GNNS Ústavu geoniky Akademie věd ČR v Ostravě mi byly poskytnuty výsledky měření převýšení těchto bodů (obr. 19–23). Tyto údaje jsou automaticky generovány ze snímacích věží. Nivelační přímka na lokalitě Stonava – Mexiko byla průběžně zaměřována od ledna roku 2022.

Na bodě P01 lze z obr. 17 vyvodit pokles bodu více než 6 cm.

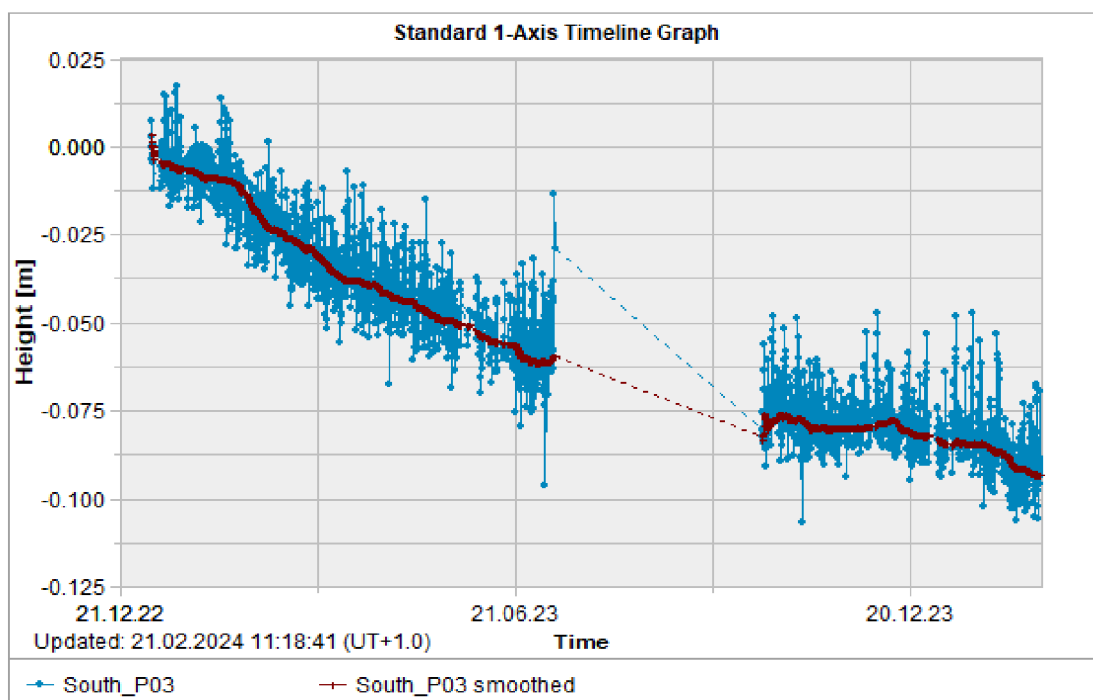


Obr. 19 Grafické zobrazení měřených poklesů v bodě P01 (Ústav geoniky AV ČR, 2024)

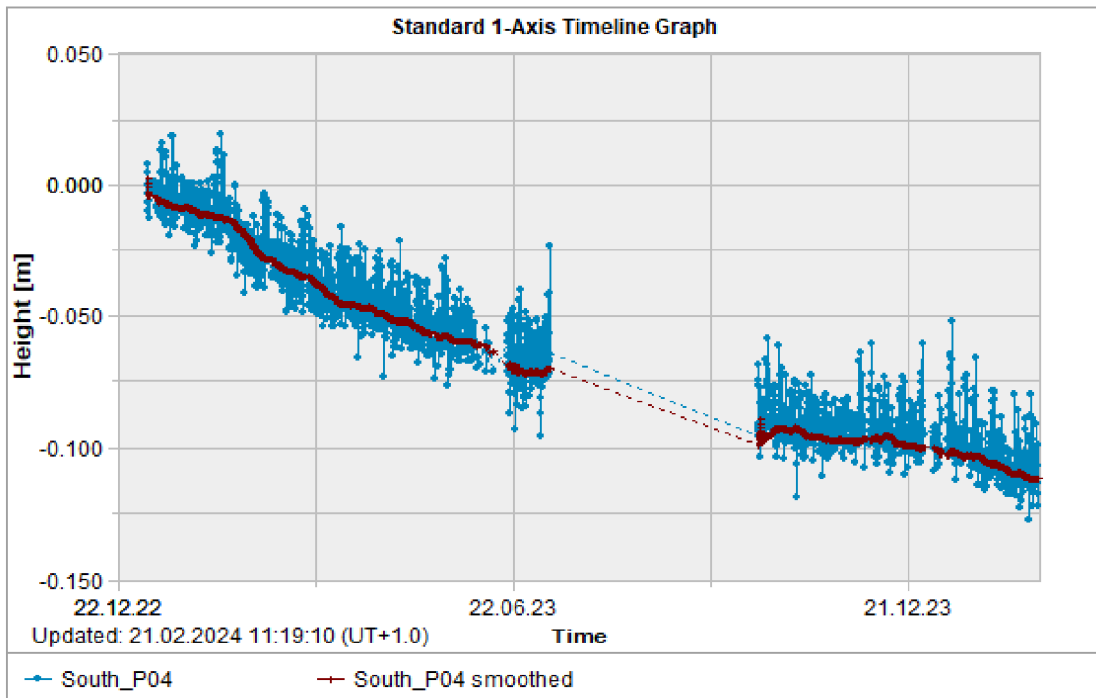


Obr. 20 Grafické zobrazení měřených poklesů v bodě P02 (Ústav geoniky AV ČR, 2024)

Na bodě P02 lze určit pokles pomocí obr. 20 bodu 8 cm a pomocí obr. 21 na bodě P03 pokles cca 9 cm.

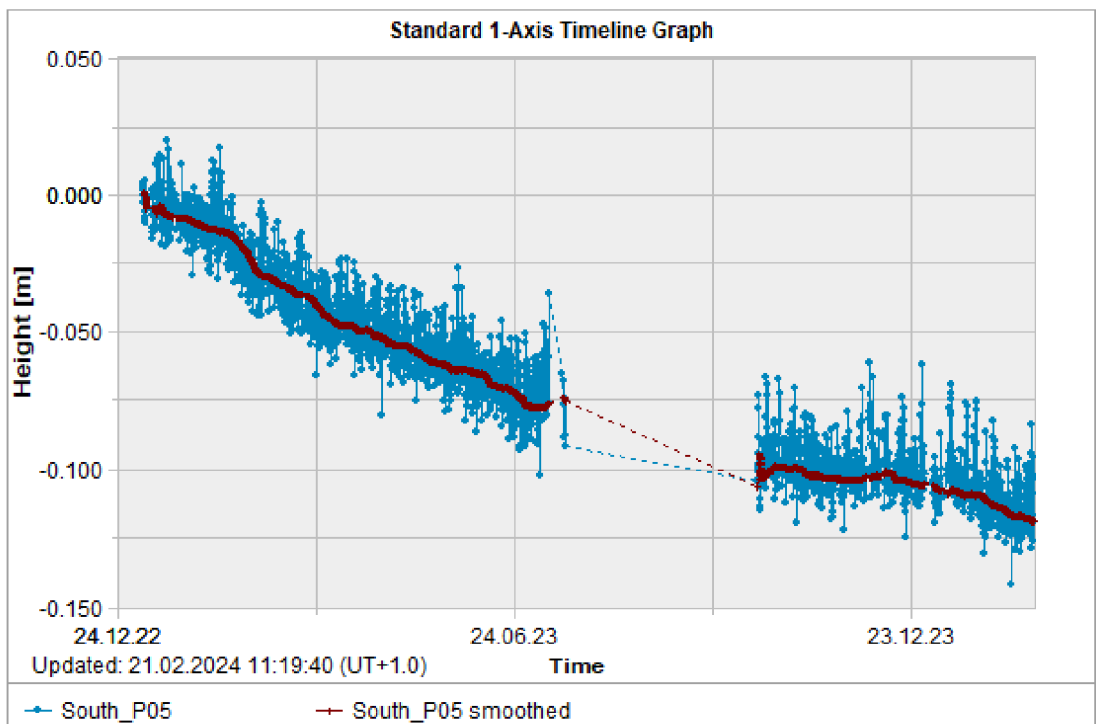


Obr. 21 Grafické zobrazení měřených poklesů v bodě P03 (Ústav geoniky AV ČR, 2024)



Obr. 22 Grafické zobrazení měřených poklesů v bodě P04 (Ústav geoniky AV ČR, 2024)

Bod P04 podle dostupných dat vyobrazených na obr. 22 poklesl zhruba o 10,2 cm a bod P05 podle obr. 23 o 12 cm.



Obr. 23 Grafické zobrazení měřených poklesů v bodě P05 (Ústav geoniky AV ČR, 2024)

## 9. Diskuse

### 9.1. Databáze geodeticky zaměřených bodů

Databáze byla vypracovávána za účelem sjednocení nivelačních měření, která probíhala v různých časových obdobích a na různých lokalitách. S ohledem na různorodost existujících historických nivelačních údajů a údajů získaných v současné době, byly stanoveny parametry, které splňovaly podmínky pro zapsání do databáze (viz. kap. 6.1.).

Dle vyhodnocení poklesů v rámci databáze lze usuzovat poklesy terénu na Karvinsku v rozsahu desítek cm za rok. Revírní nivelace byly zaměřovány především v posledních letech a nejvíce postiženou oblastí v rámci revírního zaměřování je nivelační pořad trasy CPH ve vlastnictví Green Gas DPB a.s. měřené přímkou P-D v oblasti, tzv. 22. kry DP Doubrava v k.ú. Doubrava u Orlové. V letech 2017–2022 zde poklesy dosahovaly skoro 2,5 metrů (viz. tab. 3), což ročně odpovídá cca 50 cm/rok. Podle Jiráňkové et al. (2020) na lokalitě v blízkosti Dolu Lazy dosáhly vertikální posuny v letech 1998–2012 až 7,188 m, což odpovídá zhruba 52 cm/rok. Od roku 2012–2015 došlo ke stabilizaci poklesu a v tomto období dosáhly poklesy hodnot pouze v rozmezí od 1,1 do 2,48 cm.

Největší pokles povrchu v rámci databáze na hlavních nivelačních pořadech Ge5, Ge6, Ge7 byl zaznamenán na nivelačním tahu Ge6, kdy v letech 1993–2015 poklesl terén přes 4 m (viz. tab. 6). Ve srovnání například s Marschalkem et al. (2008), který uvádí, že poklesy způsobené poddolováním sesuvu Doubrava Vrchovec v letech 1983–2005 dosáhly hodnot 4,1 m ve spodní části svahu, oba případy poklesů povrchu nabývají okolo 20 cm/rok.

Celorevírní nivelační tahy byly častěji zaměřovány v minulosti a jejich opakovaná měření byla firmou OKD, a.s. ukončena v důsledku úspor kolem roku 2002. V současnosti jejich zaměřování provádí ČUZK a měření jsou dostupná na jejich Geoportálu.

Tato databáze může do budoucna přinést praktické využití pro hodnocení vertikálních posunů daného území (viz. kap. 5.4.3.) dlouhodobě po ukončení těžby, čímž by se mohly stanovit přesnější koeficienty pro přetváření antropogenně ovlivněného horského masivu, resp. povrchu, např. s kombinací s webem Copernicus (Costantini et al., 2022). Z vytvořené databáze nelze vyhodnocovat horizontální posuny. Horizontální posun bodu lze podle Kajzara et al. (2009), vypočítat jako vzdálenost mezi původní a novou polohou pomocí souřadnic  $x$  a  $y$ . V databázi jsou sice zaznamenány souřadnice  $x$  a  $y$ , ale jejich změna polohy dále nebyla v této práci řešena.

## 9.2. Vlastní měření na lokalitě Stonava – Mexiko

Podle výsledných dat z vlastního měření a z měření poskytnutých Ústavem geoniky AV ČR (viz. kap. 8.2.), lze zhodnotit nárůst poklesu v délce od bodu P01 k bodu P05. Bod P01 za období let 2022–2023 poklesl o cca 6 cm, přičemž pokles v bodu P05 byl větší než 10 cm (viz. kap. 8.3.). Tento trend by mohl znamenat vznik poklesové kotliny v bodech P01–P05 směrem na sever.

Okraj poklesové kotliny je pomyslná čára spojující body poklesové kotliny o nulovém poklesu nebo při mezní hodnotě pohybů a přetvoření (Novák a Sedlák, 2004). Bod P01 (obr. 11) vykazuje nejmenší pokles ze všech měřených bodů (pokles okolo 6 cm/rok), čímž by se dalo předpokládat, že okraj poklesové kotliny (obr. 5) se nachází před bodem P01. Směrem k bodu P05 dochází k výrazným změnám ve výškách, což by mohlo značit prohlubování kotliny severním směrem k jejímu dnu.

V blízkosti Dolu ČSM-Sever již byl zaznamenán výskyt poklesových kotlin. Například podle Kadlečíka et al. (2009) byly vertikální poklesy, zjištěné metodou DInSAR, v období 25.2. – 27.5. 2008 v rozmezí 10–15 cm.

Podle Doležalové (2010) na Lokalitě Louky, nacházející se v oblasti důlního pole areálu Dolu ČSM-sever na demarkaci s Dolem Darkov, je z poklesů bodů na profilech možno sledovat vývoje poklesových kotlin. Poklesy bodů, nacházejících se v poklesové kotlině na profilu P, v letech 2007–2008 nabývaly hodnot od 4 cm za rok v blízkosti okraje poklesové kotliny a nad 25 cm za rok ve dně poklesové kotliny. Poklesy bodů nacházejících se v poklesové kotlině na profilu C nabývaly hodnot v blízkosti okraje poklesové kotliny okolo 5 cm ročně, ale dno poklesové kotliny pokleslo přes 50 cm za rok. Poklesy profilu P a C byly zaměřovány jednou měsíčně v roce 2007 a 2008. Podle Doležalové et al., (2010) došlo v profilu C k mírné stabilizaci povrchu po roce 2008, ale začátkem roku 2009 poklesy dna kotliny stále dosahovaly 30 cm/rok. Doležalová a Kajzar (2021) uvádí, že na profilu P i C v letech 2010–2011 dno poklesové kotliny nezaznamenalo pokles větší než 10 cm.



Měřené geodetické body s porovnáním měření (Doležalová, 2010 a Doležalová et al., 2010) podléhají v letech 2007–2009 podobnému poklesu v blízkosti okraje poklesové kotliny. Směrem k teoretickému dnu poklesové kotliny profil P a profil C podléhají mnohonásobně většímu poklesu. Se srovnáním Doležalové a Kajzara (2021) měřená lokalita Stonava – Mexiko podléhá podobně velkému poklesu v letech 2010–2011, což může značit:

- body na měřené lokalitě jsou již stabilizovány, proto nedochází k většímu poklesu
- dno poklesové kotliny na měřené lokalitě Stonava – Mexiko je orientováno mnohem dál za bodem P05 směrem na sever
- poklesová kotlina zatím nedosahuje takových poklesů v jejím dně a postupem času se bude pravděpodobně prohlubovat (Novák a Sedlák, 2004, Doležalová et al., 2010, Doležalová a Kajzar, 2021, Kadlečík et al., 2009)

Porovnáním s nivelačním pořadem Ge5, jehož body (8,9,10) se nacházejí v blízkosti měřené lokality Stonava – Mexiko, poklesy nivelačních bodů Ge5 (8,9,10) nabývaly hodnot okolo 3 cm/rok v období 1998–2001 (viz. tab. 4). Nivelační pořad Ge5 (body 8,9,10) je veden přes obec Stonava, kde byla stanovena opatření standardně dle normy ČSN 73 0039 Navrhování objektů na poddolovaném území.

S ukončením těžby dochází i k ukončení poklesů v poddolovaných oblastech. Předpokládané ukončení nejvýraznějších poklesů na území je do 3 let a doznívání poklesů maximálně do 5 let po zavalení posledního vydobytého porubu (Macháček, 2014). Důl ČSM v blízkosti měřené lokality je stále činný, ale postupně dochází k vyrubání jeho posledních připravených porubů.

Určit, zda poklesová kotlina má dno na bodě P05, jestli je dno mnohem dál za bodem P05 nebo na lokalitě jen doznívají poklesy, lze s dostupnými informacemi s jistotou jen velmi těžko. Pro upřesnění orientace poklesové kotliny by bylo třeba ještě uskutečnit měření v průběhu let a případné prodloužení měřené přímky.

## 10. Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabývala vývojem povrchu terénu v poddolovaných oblastech na Karvinsku. V rámci rešerše jsem představila geologii české části hornoslezské pánve se zaměřením na karvinské souvrství, z něhož se těží sloje černého uhlí a popsala jsem pokryvné útvary. Dále jsem se věnovala historii těžby na Karvinsku a vlivu na životní prostředí a následně jsem popsala nivelační měření výšek při studii poklesů povrchu terénu.

V praktické části bakalářské práce jsem sjednotila měření nivelačních bodů, zhotovila přehlednou databázi geodeticky zaměřených bodů a vykreslila je do map pomocí softwarového programu Surfer a MicroStation. Databáze byla vypracovávána na základě požadavku pro DIAMO s.p., o.z. DARKOV a zdrojem dat byla databáze nivelačních měření získanou pomocí Ústavu geoniky Akademie věd ČR, archiv DIAMO s.p., odštěpný závod DARKOV, databáze České geologické služby, Geoportál Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. V rámci databáze jsem vyhodnotila poklesy terénu na Karvinsku okolo desítek centimetrů ročně. Nejvíce ovlivněnou oblastí revírních nivelací je nivelační pořad trasy CPH ve vlastnictví Green Gas DPB a.s. měřené přímkou P-D v oblasti, tzv. 22. kry DP Doubrava v k.ú. Doubrava u Orlové, kde poklesy přesáhly 2,5 m v letech 2017–2022. Nejvíce postiženou oblastí celorevírních nivelací je pořad Ge6, kdy v letech 1993–2015 poklesl terén přes 4 m.

Dále jsem absolvovala měření geodetických bodů, kde byly zaměřovány převýšení mezi body a spolu s databází Ústavu geoniky AV ČR jsem vyhodnotila poklesy terénu v měřené oblasti. Zaměřovalo se celkem pět bodů (P01–P05) v období 2022–2023. Pokles bodu P01 byl výrazně nižší než pokles bodu P05. Z toho lze usuzovat vznik poklesové kotliny směrem na sever k bodu P05.

Databáze obsahuje 408 geodeticky zaměřených bodů (z toho 290 o známých S-JTSK souřadnicích), ale ještě není úplná a chce další práci. Vhodné by bylo do databáze přidat nivelační pořady GZ10 a Z10a, které zaměřuje ČUZK. Dále by bylo vhodné pravidelné zaměřování geodetických bodů P01–P05 pro přesné určení orientace poklesové kotliny a případné sledování útlumu poklesů činného dolu ČSM-Sever.

## 11. Zdroje

### Použitá literatura

- Bell F. G., Stacey T. R., Genske D. D. (2000): Mining subsidence and its effect on the environment: some differing examples. – *Environmental Geology*, 40, 1, 135-152.
- Beneš K. (1958): Hornoslezská pánev z hlediska petrografie a kvality uhlí. – Krajské nakl., Ostrava.
- Beneš F., Lambert P. (2022): Zvláštní nivelační síť a výšková stabilita území. – *Geodetický a kartografický obzor*, 68, 110, 97-107. Zeměměřický úřad, Praha.
- Doležalová H. (2010): GNSS měření na poddolovaném území u Karviné. – The opening word, *EGRSE Journal*, 2010/1, 9-17.
- Doležalová H., Kajzar V. (2021): Analysis of surface changes from undermining and building site categorization: the case study in mining location Louky near Karviná. – *Acta Geodyn. Geomater*, 18, 2, 121-135. Ostrava.
- Doležalová H., Kajzar V. (2016): Monitoring povrchových projevů hlubinného dobývání na Karvinsku. – In: Zapletalová J., Kirchner K. (eds.): Aktuální environmentální hrozby a jejich impakt v krajině, pp. 14-18. Ústav geoniky AV ČR, Ostrava.
- Doležalová H., Kajzar V., Souček K., Staš L. (2010): Evaluation of vertical and horizontal movements in the subsidence depression near Karviná. – *Acta Geodyn. Geomater*, 7, 3, 355-360. Ostrava.
- Dombrovský Z. (2004): Karvinsko a jeho šachty. – Klub přátel Hornického muzea OKD, Ostrava.
- Dopita M., Aust J., Brieda J., Černý I., Dvořák P., Fialová V., Foldyna J., Grmela A., Grygar R., Hoch I., Honěk J., Kaštovský V., Konečný P., Kožušníková A., Krejčí B., Kumpera O., Martinec P., Merenda M., Müller K., Novotná E., Ptáček J., Purkyňová E., Řehoř F., Strakoš Z., Tomis L., Tomšík J., Valterová P., Vašíček Z., Vencel J., Židková S. (1997): Geologie české části hornoslezské pánve. – Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha.
- Dopita M., Králík J. (1971): Křemencový horizont („ganister“) z podloží sloje Prokop v ostravsko-karvinském revíru. – *Sbor. věd. prací VŠB-TU, Ř. horn.-geol.*, 17, 2, 71–83. Ostrava.

- ČSN 73 0039 Navrhování objektů na poddolovaném území, Základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 1989. 106 s. (ČSN 73 0039, 1989. Design of structures in undermined areas. Standard ČSN. Basic Regulations. Prague: Czech Standards Institute, 106 pp. – in Czech).
- Goliáš V., Jašková V., Melichar R., Storch P., Budil P., Kraft P., Marek J., Holub F., Míkuláš R. (2011): Výchoz silurských hornin v Repešském žlebu na Stínavě, Dražanská vrchovina, Morava. – Přírodovědné studie Muzea Prostějovska, sv. 12-13, 7-21. Prostějov.
- Hajzlerová I., Matroszová V. (2009): Karviná. – Paseka, Praha.
- Jiráňková E., Waclawik P., Nemcik, J. (2020): Assessment of models to predict surface subsidence in the Czech part of the Upper Silesian coal Basin – Case Study. – Acta Geodyn. Geomater, 17, 4, 469-484. Ostrava.
- Jirásek J., Sedláčková L., Sivek M., Martínek K., Jureczka J. (2013): Castle Conglomerate Unit of the Upper Silesian Basin (Czech Republic and Poland): a record of the onset of Late Mississippian C2 glaciation? – Bulletin of Geosciences, 88, 4, 893-914.
- Kadlečík P., Schenk V., Wegmüller U., Schenková Z., Seidlová Z. (2009): Využití radarové interferometrie v poddolovaném území na příkladu Ostravska. – Sbor. věd. prací VŠB–TU, 9, 2, 69-74. Ostrava.
- Kajzar V., Doležalová H., Souček K., Staš L. (2009): Analýza vodorovných pohybů v průběhu vývoje poklesové kotliny. – Sbor. věd. prací VŠB–TU, 9, 2, 75–80. Ostrava.
- Kowalczyk K., Bednarczyk M., Kowalczyk A. (2009): Relational database of four precise levelling campaigns in Poland. – Technical Sciences, 12, 1, 1356-1361. Vilnius, Lithuania
- Marschalko M., Duraj M., Niemiec D., Yilmaz I., Pryvalov A. (2016): Churches Influenced by Underground Mining in the Karvina Region Used for the Purposes of Geotourism. – Procedia Engineering, 161, 2271-2275.
- Marschalko M., Fuka M., Třeslín L. (2008): Influence of Mining Activity on Selected Landslide in the Ostrava–Karviná Coalfield. – Acta Montanistica Slovaca, 13, 1, 58–65.
- Marschalko M., Yilmaz I., Křístková V., Fuka M., Kubečka K., Bouchtal T. (2013): An indicative method for determination of the most hazardous changes in slopes of the subsidence basins in underground coal mining area in Ostrava (Czech Republic). – Environ Monit Assess, 185, 1, 509-522.

- Martinec P., Honěk J., Živor R. (2006): Vliv ukončení hlubinné těžby uhlí na životní prostředí. – Ústav geoniky AV ČR, Anagram, Ostrava.
- Martinec P., Jirásek J., Kožušníková A., Sivek M. (2005): Atlas uhlí české části hornoslezské pánve. – Ústav geoniky AV ČR, Anagram, Ostrava.
- Martinec P., Schejbalová B. (2004): History and enviromental impact od mining the Ostrava – Karviná coal field (upper silesian coal basin, Czech republic). – *Geologica Belgica*, 7, 3, 215-223. Ostrava.
- Müllerová J., Müller K., Grmela A. (2008): Geological and hydrogeological situation in selected parts of Karvina region. – *Transactions of the VSB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 8, 2, 151-164. Ostrava.
- Mulková M., Popelka P., Popelková R. (2016): Black Land: The Mining Landscape of the Ostrava–Karviná Region. – In: Pánek T., Hradecký J. (eds): *Landscapes and Landforms of the Czech Republic*, pp. 319-327. Department of Physical Geography and Geoecology, Ostrava.
- Nařízení vlády č. 159/2023 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů závazných na celém území České republiky, databázi geodetických a geografických údajů a státních mapových děl vytvářených pro celé území České republiky a zásadách jejich používání – znění od 01.07.2023
- Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. nařízení o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání – znění od 01.04.2011
- Novák J., Sedlák V. (2004): K problematice určení mezního úhlu vlivu dobývání v poklesové kotlině. – *Acta Montanistica Slovaca*, 9, 2, 85-89.
- Nowak A. (2014): Nowa metoda oceny dokładności wyznaczeń GNSS na potrzeby monitoringu pojazdów. – *Logistyka*, 3, 3, 4706-4717.
- Pešek J., Sivek M. (2012): Uhlonosné pánve a ložiska černého a hnědého uhlí České republiky. – ČGS, Praha.
- Opluštil S., Laurin J., Hýlová L., Jirásek J., Schmitz M., Sivek M. (2022): Coal-bearing fluvial cycles of the late Paleozoic tropics; astronomical control on sediment supply constrained by high-precision radioisotopic ages, Upper Silesian Basin. – *Earth-Science Reviews*, 228, 103998.

- Picha F. J., Stráník Z., Krejčí O. (2006): Geology and hydrocarbon resources of the Outer Western Carpathians and their foreland, Czech Republic. – AAPG Memoir 84, 49-175.
- Pokorný R., Kraft L., Symonová R. (2004): Historie hornictví na Rychnovsku a současný stav vybraných starých důlních děl/History of mining and the present state of selected old mines. – Acta Musei Richnoviensis, 11, 1, 1-56.
- Potužák P. (1949): Praktická geometrie: Část druhá. – Jednota českých matematiků a fyziků, Praha.
- Pravňanský J., Danel R. (2008): Měření koncentrace metanu v ovzduší při těžbě černého uhlí v OKD a.s. a simulační modely proudění metanu na povrchu na území s ukončenou těžbou černého uhlí. – Konference Mosis, 207-210.
- Růžičková E., Růžička M., Zeman A., Kadlec J. (2003) Kvartérní klastické sedimenty České republiky: struktury a textury hlavních genetických typů. – Česká geologická služba, Praha.
- Schellong, L., Chlebík, J., Palla, L. (2002). Využití bezvýlomové trhací práce při protiotřesové prevenci v geomechanicky obtížných oblastech závodu Lazy v Orlové. – Sbor. věd. prací VŠB–TU, XLVIII, 2, 87-98. Ostrava.
- Schenk J. (2000): Dynamika poklesové kotliny. – MS, Skripta, Institut geodézie a důlního měřictví. VŠB–TU, Ostrava.
- Sivek M., Dopita M., Krůl M., Čáslavský M., Jirásek J. (2003): Atlas chemicko-technologických vlastností uhlí české části hornoslezské pánve. – Sbor. věd. prací VŠB–TU, 11, Anagram, Ostrava.
- Sivek M., Kandarachevová J., Jirásek J., Hýlová L., Dopita M. (2011): Vývoj litostratigrafického členění české části hornoslezské pánve od roku 1928. – Acta. Mus. Beskid., 3, 173-186.
- Smolová I., Dušková M. (2014): Nové dobývací prostory v regionální struktuře ČR. – In: Klímová V., Žítek V. (eds): XVII. Mezinárodní kolokvium o regionálních vědách, pp. 660-668. Katedra regionální ekonomie, Ekonomicko-správní fakulta MU, Hustopeče.
- Stolárik M., Pinka M., Kukutsch R. (2017): Contribution to the issues of the mine gas methane output in the Ostrava-Karvina coalfield. – Scientific Geoconference, 17, 13, 157-166.
- Vyhláška 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění vyhlášky

č. 212/1995 Sb., vyhlášky č. 365/2001 Sb., vyhlášky č. 92/2005 Sb., vyhlášky č. 311/2009 Sb., vyhlášky č. 383/2015 Sb., vyhlášky č. 214/2017 Sb. a vyhlášky č. 156/2023 Sb. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Predpisy/Pravni-predpisy-v-oboru-zememerictvi-a-katastru/31-1995.aspx>

## Internetové zdroje:

- Bičík I., Boudný Z., Burda T., Chromý P., Jančák V: (2022): Karvinsko: postmontánní a postindustriální krajina česko-polského pomezí. Digitální atlas zaniklých krajin. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. Dostupné z: [https://web.natur.cuni.cz/sekcegr/zaniklekrajiny/atlas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1328:karvina-doly&catid=257:karvina-doly](https://web.natur.cuni.cz/sekcegr/zaniklekrajiny/atlas/index.php?option=com_content&view=article&id=1328:karvina-doly&catid=257:karvina-doly) [cit. 23. 2. 2024].
- Costantini M., Minati F., Trillo F., Ferretti A., Passera E., Rucci A., Dehls J., Larsen Y., Marinkovic P., Eineder M., Brcic R., Siegmund R., Kotzerke P., Kenyeres A., Proietti S., Solari L., Andersen H. (2022): EGMS: a New Copernicus Service for Ground Motion Mapping and Monitoring, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, EGU22-9733. Dostupné z: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU22/EGU22-9733.html> [cit. 28. 4. 2024].
- Český úřad zeměměřický a katastrální. geoportal.cuzk.cz. Online. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(wazynx3yhjxp3md5vkkejbkq\)\)/Default.aspx?head\\_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod\\_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes](https://geoportal.cuzk.cz/(S(wazynx3yhjxp3md5vkkejbkq))/Default.aspx?head_tab=sekce-00-gp&mode=TextMeta&text=uvod_uvod&menu=01&news=yes&UvodniStrana=yes) [cit. 28. 12. 2023].
- Green Gas DPB, a.s. (2022): Závěrečná zpráva o vlivu zatápění karvinské části OKR na povrchové objekty, včetně mapové dokumentace a vyhodnocení rizik v důsledku stoupající důlní, resp. podzemní vody. Dostupné z: <https://cbu.gov.cz/images/ostatni/Z%C3%A1v%C4%9Bre%C4%8Dn%C3%A1%20zpr%C3%A1va.pdf> [cit. 5. 1. 2024].
- iUhlí, (2018): Čerpání důlních vod pomáhá šachtám OKD. – Dostupné na: <https://iuhli.cz/cerpani-dulnich-vod-pomaha-sachtam-okd/> [cit. 5. 1. 2024].
- Kozelská Bencúrová H., (2019): Aktualizace Územně analytických podkladů ORP Karviná. – 5. úplná aktualizace. Dostupné z:

[file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/B\)%20Rozbor%20udr%C5%BEiteln%C3%A9ho%20rozvoje%20%C3%BAzem%C3%AD%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/B)%20Rozbor%20udr%C5%BEiteln%C3%A9ho%20rozvoje%20%C3%BAzem%C3%AD%20(2).pdf) [cit. 27. 3. 2024].

- Macháček M. (2014): Pokračování hornické činnosti OKD, a.s., Dolu Karviná na závodě ČSA v období 2015–2023. OKD, a.s., Karviná. Dostupné z: [https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTIyMF9kb2t1bWVudGFjZURPQ18yMzA0NDY5MDQxNDUxNDM0NDc2LnBkZg/OV9220\\_dokumentace.pdf](https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTIyMF9kb2t1bWVudGFjZURPQ18yMzA0NDY5MDQxNDUxNDM0NDc2LnBkZg/OV9220_dokumentace.pdf) [cit. 23. 11. 2023].
- OKD. okd.cz. Online. Dostupné z: <https://www.okd.cz/cs/o-nas/historie-spolecnosti/okd-po-roce-1990-do-soucasnosti> [cit. 17. 3. 2024].
- Štancl L. (2022): Pokračování hornické činnosti OKD, a.s. Dolu ČSM v období 2015–2023, změna záměru – ukončení hornické činnosti. OKD – ČSM. Ostrava. Dostupné z: [https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTIyMF9kb2t1bWVudGFjZURPQ18yMzA0NDY5MDQxNDUxNDM0NDc2LnBkZg/OV9220\\_dokumentace.pdf](https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WOTIyMF9kb2t1bWVudGFjZURPQ18yMzA0NDY5MDQxNDUxNDM0NDc2LnBkZg/OV9220_dokumentace.pdf) [cit. 20. 3. 2024].



## **12. Seznam příloh**

Příloha 1 Umístění nivelačního přístroje při zaměřování geodetických bodů (Hýlová, 2023)

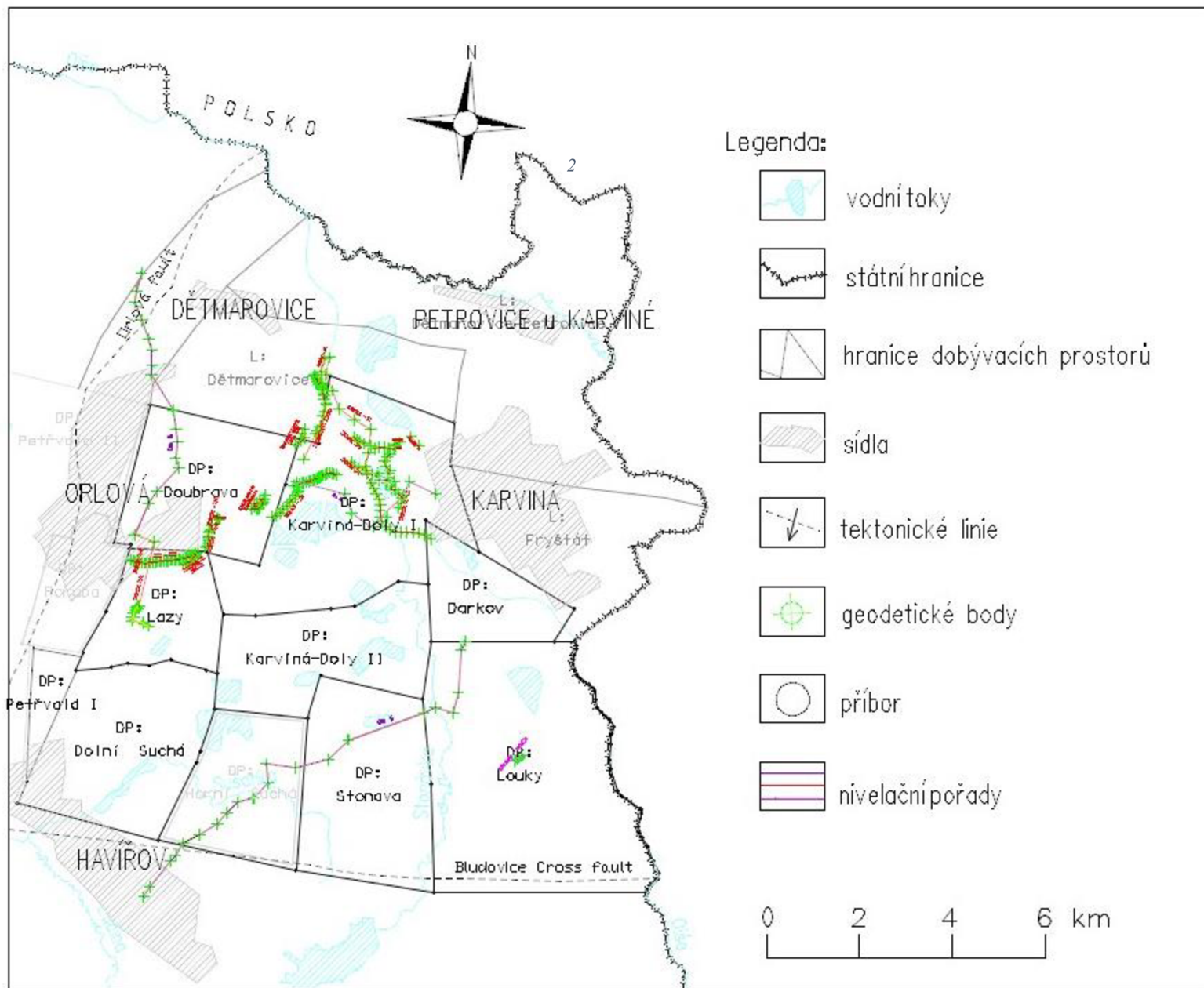
Příloha 2: Mapa geodeticky zaměřených bodů sestavená z vypracované databáze

Příloha 3: Nivelační přístroj SOKKIA SDL1X (Hýlová, 2023)

Příloha 4: Nivelační měření na lokalitě Stonava – Mexiko pomocí 3m nivelační latě (Hýlová, 2023)



*Příloha 1 Umístění nivelačního přístroje při zaměrování geodetických bodů (Hýlová, 2023)*



Príloha 2 Mapa geodeticky zaměřených bodů sestavená z vypracované databáze



*Příloha 3 Nivelační přístroj SOKKIA SDLIX (Hýlová, 2023)*



*Příloha 4 Nivelační měření na lokalitě Stonava – Mexiko pomocí 3m nivelační latě (Hýlová, 2023)*

