

# ZAJIŠŤOVÁNÍ STARÝCH DŮLNÍCH DĚL V PODMÍNKÁCH RUDNÍCH REVÍRŮ

## SECURING AGE-OLD MINES IN CONDITIONS OF MINING DISTRICTS

MARTIN ŠEFRNA

### ABSTRAKT

Česká republika má dlouhou a pestrou minulost v těžbě nerostných surovin. Tato těžba mnohdy velmi ovlivnila dnešní stav exploatovaných lokalit. S tím jsou pak často spojené problémy s jejich dalším, resp. současným využíváním. Článek stručně popisuje několik typických případů ve vybraných lokalitách dotčených starou báňskou činností. U uváděných případů jsou zmíněny též způsoby sanace již vzniklých či potenciálních projevů spojených se starou důlní činností.

### ABSTRACT

The Czech Republic has a long and diverse past in mineral resource mining. This mining often greatly affected the state of the exploited locations today, which in turn intertwined problems with their further, more precisely current usage. The article briefly describes multiple typical examples in chosen locations affected by historic mining activities. Alongside the included examples, means of remediation of already arisen or potential effects connected with historic mining activities are also mentioned.

### ÚVOD

Hornická činnost spojená s historickou těžbou užitkových nerostných surovin velmi poznamenala řadu lokalit v ČR. Není zde snad místo, které by nebylo dotčeno touto činností. Česká geologická služba eviduje více než 30 000 známých důlních děl a jejich projevů. Zájmová území v minulosti dotčená těžbou jsou pak limitována nejen geologickými a hydrogeologickými poměry, ale zejména báňskými poměry konkrétní lokality. Způsob a rozsah rozfárání ložiska je zejména ovlivněn koncentrací a rozložením přírodní akumulace užitkové složky nerostu v daných geologických podmínkách, tj. ložiskovými poměry. U starých a historických důlních děl je většinou jejich dokumentace neúplná či zcela chybí. Údaje potřebné k posouzení území jsou však nezbytné pro optimální návrh a realizaci zajištění nebo likvidaci starého důlního díla ohrožujícího stabilitu povrchu a objektů v nadloží.

### PŘÍBRAM – BŘEZOHORSKÝ RUDNÍ REVÍR (BIRKENBERG)

V současné době Příbram stále nemá silniční obchvat. Jistou možností, jak řešit dopravně nevyhovující situaci, bylo využít stávající silnici I/18 jako průtah městem, a to přes Březové Hory a Bohutín. U obou sídel se jedná o historické báňské rudní revíry, u kterých již v minulosti docházelo k nežádoucím projevům starého poddolování na povrch. Před zahájením rekonstrukce průtahu bylo rozhodnuto realizovat průzkum a sanaci důlních děl ohrožujících stabilitu předmětné silnice I/18.

Březohorský polymetalický rudní revír (Birkenberg) byl světově proslulý těžbou stříbrných, olovených a zinkových rud. Poslední vytěžený vůz rudy je datován k 30. 6. 1978. Historii exploatace ložiska podstatně ovlivnil jeho geologický charakter a vertikální vývoj zrudnění, vázaný na hydrotermální strmě uložené žilné struktury. Počátky dolování sahají až do 16. století. Již před rokem 1527 bylo na Březových Horách v provozu přes 12 dolů. Šachty byly mělké, hloubené jako nálezné, hluboké jen několik desítek metrů, maximálně pak v prvních stovkách metrů, v profilu 2 až 6 m<sup>2</sup>. Za nepříznivého stavu dolování přichází roku 1772 z Kutné Hory do Příbrami do funkce hormistra a hutníka Jan Antonín Alis, který zavádí řadu technických a organizačních opatření. Zakládá nové březohorské doly, ve kterých uplatňuje nový systém otvírky ložiska,

### INTRODUCTION

Mining activity coupled with raw material extraction throughout history has deeply affected many localities in the Czech Republic. There might not even be a place that has not been affected by these activities. The Czech Geological Survey registers more than 30 000 known mines and their effects. Locations of interest previously affected by mining are then limited not only by geological and hydro-geological conditions, but rather mining conditions of the particular location. Methods and extent of deposit development are mainly affected by concentration and layout of natural accumulation of economic parts of the mineral in certain geological conditions, ie. deposition situation. The documentation of old and historic mines is usually incomplete or wholly missing. However, the data necessary for area assessment are essential for an optimal plan and realization of securing or removal of old mines jeopardizing the stability of the surface and buildings located within the overburden.

### PŘÍBRAM – BŘEZOVÉ HORY ORE DISTRICT (BIRKENBERG)

Currently, Příbram still does not have a bypass. A certain option to solve the traffic situation was to use the existing road I/18 as a through road, through Březové Hory and Bohutín. Both settlements are historical mine ore districts, at which there have already occurred undesirable effects of old undermining on the surface in the past. Prior to the start of the reconstruction of the through road, it was decided to carry out an investigation and rehabilitation of the mine workings threatening the stability of the I/18 road in question.

The Birkenberg polymetallic ore district used to be world-renowned for the mining of silver, lead, and zinc ores. The last ore mine car mined dates back to 30 June 1978. The history of exploitation of the deposit was significantly influenced by its geological character and the vertical development of ore mineralization, which is linked to hydrothermal steeply dipping vein structures. The beginnings of mining date back to the 16<sup>th</sup> century. Already before the year 1527, more than 12 mines were already in operation in Březové Hory. The shafts were shallow, dug as open pits, only a few tens of metres deep, maximum low

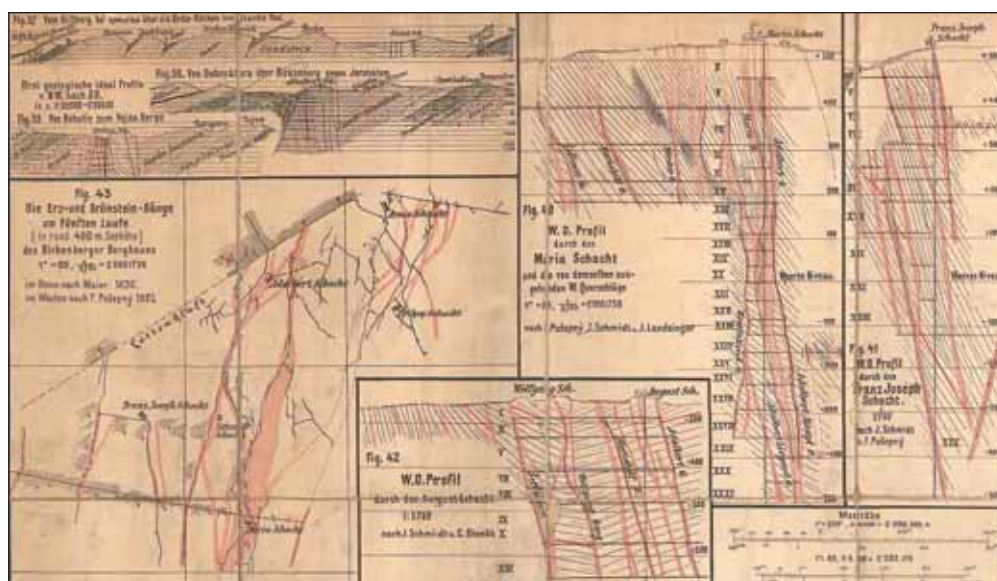
první svislé jámy většího profilu. Roku 1779 zarazí jámu Vojtěch v profilu 9,4 m<sup>2</sup> a o deset let později jámu Anna v profilu 11,5 m<sup>2</sup>. Následující jámy Ševcůn a Marie jsou již s profilem nad 16 m<sup>2</sup>. Těmi byly později zpřístupněny hluboké partie těžných žilných struktur. Důl Vojtěch tak, jako první na světě, dosáhl přímé svislé hloubky 1 000 m, a to roku 1875. Alis současně zlepšoval vodní hospodářství a odvodňování dolů, čímž zajistil jejich dlouhodobou prosperitu. Na obr. 1 je znázorněn výřez důlně-geologické mapy z období 1830–1880 se situací i nově založených dolů, včetně podélných a příčných profilů žilným ložiskem s novým systémem otvírky.

Mapová dokumentace hlubších horizontů a důlních děl je od 18. století většinou dochovaná a lze z ní vycházet, není třeba je proto dohledávat. Starší mělká důlní díla z období 15. až 17. století jsou v archivních záznamech zmiňována jen sporadicky, spíše však dokumentace těchto důlních děl zcela chybí. Právě tato stará důlní díla v přípovrchových partiích do 30 m ovlivňují nejvíce stabilitu povrchu území. Neznámá a současně nepřístupná důlní díla byla v podloží silnice I/18 v úseku dlouhém přes 2 km dohledávána nejprve (nepřímými) geofyzikálními metodami. Pro posouzení nezbytnosti a případný návrh způsobu sanace podloží silnice I/18 se osvědčil vrtný průzkum opírající se o znalost ložiskových poměrů. Důležitým prvkem byl přímý vrtný průzkum s bezprostředním navázáním na průběžné hodnocení předchozích sond. Jen tak mohlo být docíleno, že při jedné uzavírce silnice I/18 mohl být proveden současně průzkum vyhledávající stará důlní díla, ověřen jejich stav, posouzena rizika jejich vlivu na silnici, zvolena metoda a rozsah sanace a okamžitě realizovány případné stabilizace podloží nejvhodnější sanační směsí [1], [2]. Odpovědný geotechnik tak na místě ihned po odvtání průzkumné sondy rozhodl o způsobu sanace (výplňové injektáže vydobytých prostor či stabilizační injektáže nezpevněných zásypů a částečně založených prostor) a rozhodujících parametrech použité sanační směsi (její pevnosti, viskozitě, zrnitosti, injekčním tlaku, celkové spotřebě). V případě zastižení starého důlního díla v podloží vozovky se postup přizpůsobil skutečně zjištěným poměrům (mezerovitost, kaverny, ulehlost, stav nadloží, hydrogeologické poměry, rozsah a způsob založení vydobytých prostor, objekty okolní zástavby apod.). Na obr. 2 jsou vyznačena místa průzkumných a zejména sanačních prací provedených v oblasti podloží Březovských Hor. Vedle stabilizace podloží silnice I/18 sanačními materiály

hundreds, with a cross-sectional area of 2 to 6m<sup>2</sup>. In 1772 during adverse state of mining, Jan Antonín Alis, who came from Kutná Hora to Příbram to serve as the mining foreman and metallurgist, introduced a number of technical and organisational measures. He established new mines in Březové Hory, in which he applied a new system of deposit development, the first vertical pits of a larger profile. In 1779, he drove the Vojtěch pit with a profile of 9.4m<sup>2</sup> and ten years later the Anna pit with a profile of 11.5m<sup>2</sup>. The following pits, Ševcůn and Marie, already have a profile of over 16m<sup>2</sup>. These were later used to access deep regions of the mined vein structures. The Vojtěch mine was therefore the first in the world to reach a direct vertical depth of 1000m in 1875. At the same time, Alis improved the water management and drainage of the mines, ensuring their long-term prosperity. Fig. 1 shows a section of a mine-geology map from the period 1830–1880 with a situation of even the newly established mines, including longitudinal and cross sections of the vein deposit with the new deposit development system.

The map documentation of deeper horizons and mine workings from the 18<sup>th</sup> century onwards is mostly preserved and can be used as a basis, so there is no need to search for them. Older shallow mine workings from the 15<sup>th</sup> to 17<sup>th</sup> century are only sporadically mentioned in archival records, but rather documentation of these mines is entirely absent. Specifically these old mine workings in the near-surface area up to 30m that have the greatest impact on the stability of the surface in the area. Unknown and inaccessible mine workings were first located in the subsoil of the I/18 road in a section of over 2km by (indirect) geophysical methods. A borehole survey, based on the knowledge of the deposit conditions, proved useful for assessing the necessity and potential methods of rehabilitation of the I/18 road bed. A direct borehole survey was an important element that immediately followed-up to the ongoing evaluation of previous probes. Only this way could it be achieved that, during one closure of the I/18, simultaneously a survey could be carried out to locate the old mine workings, their condition could be verified, the risks of their impact on the road assessed, the method and extent of rehabilitation selected and any subsoil stabilisation immediately implemented with the most appropriate rehabilitation compound [1], [2]. The responsible

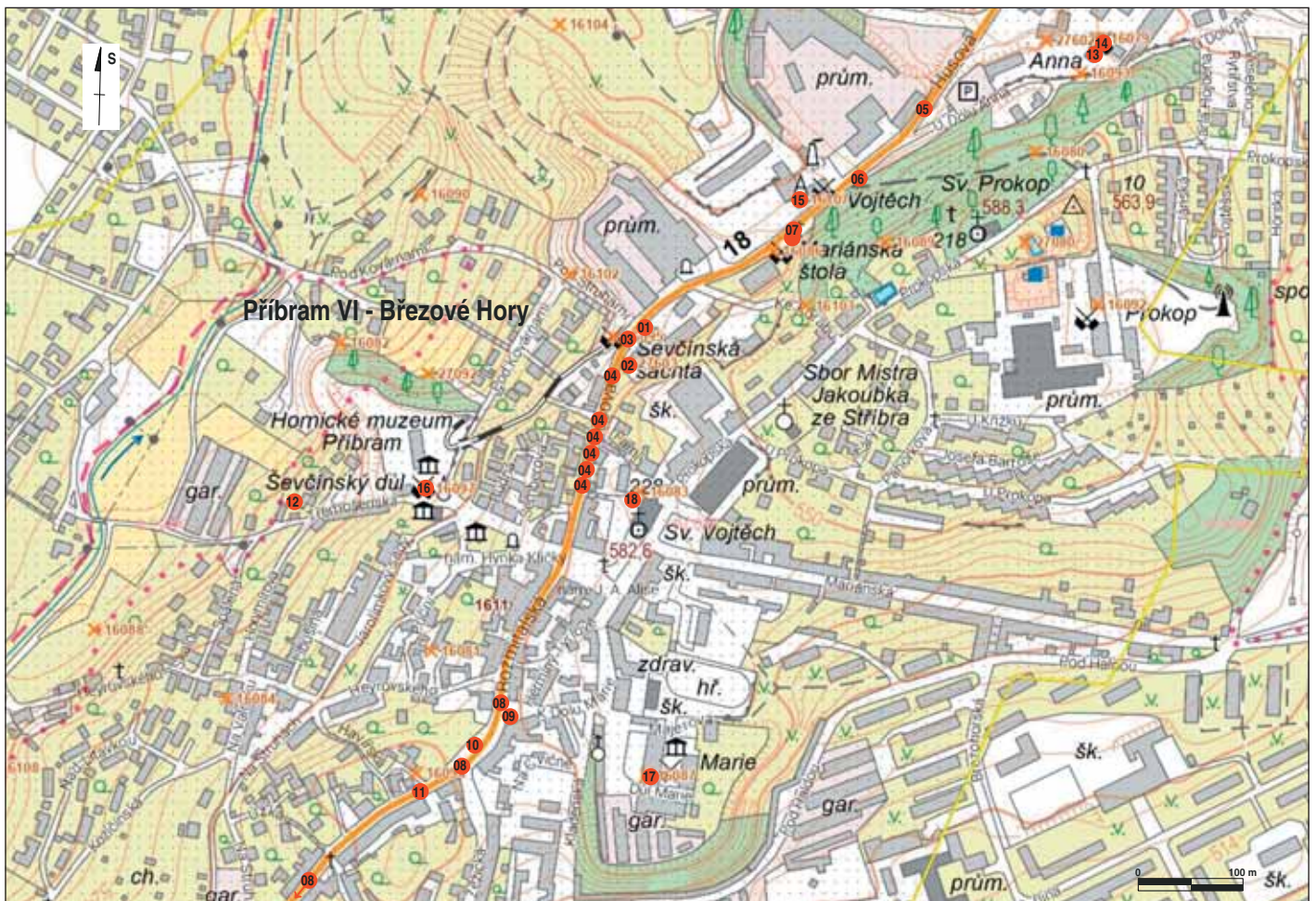
geotechnical engineer immediately made a decision on the spot about the method of rehabilitation after drilling the exploratory probe (permeation grouting of excavated areas or stabilization grouting of unconsolidated backfills and partially founded spaces) and the decisive parameters of the used rehabilitation mixture (its strength, viscosity, granularity, injection pressure, total consumption). In the case that old mine workings in the subsoil of the road were discovered, the procedure was adapted to the conditions actually observed (voids content, caverns, packing density, condition of the overburden, hydrogeological conditions, extent and method of foundation of the excavated areas, buildings in the surrounding development, etc.). Fig. 2 shows the



zdroj Geofond ČR source Geofond ČR

Obr. 1 Výřez důlně-geologické mapy březohorského revíru, mapa a podélné a příčné řezy ložiskem z období 1830–1888

Fig. 1 Cut-out of the mine-geology map of the Březové Hory district, map and longitudinal and cross sections of the deposit from the 1830–1888 period



- 01 Propad u zdravotního střediska na křížení dvou žilných struktur VHŽ a VNŽ  
Inbreack at the health centre at the crossing of two vein structures VHŽ and VNŽ
- 02 Komin na Vojtěšské hlavní žíle u zdravotního střediska  
Hole at the Vojtěch main vein at the health centre
- 03 Dobyvky na Vojtěšské hlavní žíle u zdravotního střediska  
Stopes at the Vojtěch main vein at the health centre
- 04 Dobyvky na Vojtěšské hlavní žíle paralelně s průběhem silnice  
Stopes at the Vojtěch main vein parallel with the road's course
- 05 Výchoz Protiklonné žilné struktury, jílová rozsedlina (proterozoikum/kambrium)  
Counter inclined vein structure outcrop, clay crevasse (Proterozoic/Cambrian)
- 06 Závaz na žilné struktuře v podloží silnice, sanace v podzemí vrty z povrchu  
Caving fall on a vein structure in the subsoil of the road, underground rehabilitation with boreholes from the surface
- 07 Dobyvky na Matkobožské žilné struktuře v podloží silnice a zastávky bus  
Stopes at the Matkobožská vein structure in the subsoil of the road and bus stop
- 08 Průzkumné práce na výchozu žilné struktury  
Exploratory works on vein structure outcrop
- 09 Sklepní prostor u ulici K Dolu Marie (stará zástavba)  
Basement in K Dolu Marie Street (old development)

- 10 Sklepní prostor v ulici Rožmýtská, zastávka bus (stará zástavba)  
Basement in Rožmýtská Street, bus stop (old development)
- 11 Průzkumné práce na Mordýřské žilné struktuře (Mučednická)  
Exploratory work on Mordýřská vein structure (Mučednická)
- 12 Propad u RD č.p. 204 na žilné struktuře Marie Pomocnice  
Inbreack at family house nr. 204 at Marie Pomocnice vein structure
- 13 Stabilizační práce podloží šachetní budovy Anna  
Subsoil stabilisation work of Anna shaft building
- 14 Stabilizační práce jámy Anna založené r. 1789, hloubka 1455 m  
Stabilisation work of Anna pit founded in 1789, depth 1455m
- 15 Stabilizační práce jámy Vojtěch založené r. 1779, hloubka 1262 m  
Stabilisation work of Vojtěch pit founded in 1779, depth 1262m
- 16 Stabilizační práce šachty Ševčiny (Franz Josef) založené r. 1813, hl. 1108 m  
Stabilisation work of Ševčiny shaft (Franz Josef) founded in 1813, depth 1108m
- 17 Stabilizační práce jámy Marie založené r. 1822, hloubka 1165 m  
Stabilisation work of Marie pit founded in 1822, depth 1165m
- 18 Propad středověké šachty Kovářská (Schmid schacht) na náměstí J. A. Alise  
Inbreack of Kovářská medieval shaft (Schmid schacht) on J. A. Alis square

podkladová mapa Geofond ČR base map Geofond ČR

Obr. 2 Situace sanovaných míst v březovském rudním revíru

Fig. 2 Situation of the rehabilitated locations in the Březové Hory ore district

připravovanými na místě byla v úseku, kde žilná struktura probíhá v podloží paralelně s komunikací (místo označené 04 na obr. 2), vyztužena pláň vozovky vysokopevnostní geometrií Armatex. S dokončením sanačních prací byly provedeny rekonstrukce inženýrských sítí (vodovod a kanalizace) a následně i vlastní komunikace.

Pro úplnost prací realizovaných v březovské oblasti je třeba doplnit, že vedle podloží silnice I/18 byly prováděny i stabilizační práce uzávěr ústí hlavních důlních děl (HDD) nejvýznamnějších jam revíru, jejichž hloubka přesahuje 1 000 m. Jedná se o staré šachty, vyhloubené od příchodu J. A. Alise v městské zástavbě Březových Hor. Jde zejména o šachtu Anna (hloubky 1 455 m), důl Vojtěch (hloubky 1 262 m), Ševčínský důl (též Franz Josef, hloubky 1 108 m) a jámu dolu Marie (hloubky 1 165 m). Tyto hluboké jámy byly v minulosti likvidovány pouze vybudováním tzv. zátek, uzávěr na ústí HDD v přípovrchových partiích jámy. Dodatečné stabilizační

locations of investigations and, in particular, rehabilitation works carried out in the area of the Březové Hory subsoil. In addition to subsoil stabilisation of the I/18 road with rehabilitation materials prepared in situ, the roadbed was reinforced with Armatex high-strength geogrid in the section where the vein structure in the subsoil runs parallel to the road (site marked 04 in Fig. 2). With the completion of the rehabilitation works, the utilities (water and sewerage) and subsequently the road itself were reconstructed.

For completeness of the works carried out in the Březové Hory region, it should be added that in addition to the subsoil of the I/18 road, stabilisation works were also carried out to the collar caps of the main mine workings (HDD) of the most important pits of the district, whose depths exceed 1000m. These are old shafts, excavated since the arrival of J. A. Alis in the Březové Hory built-up

práce spočívaly ve zpevnění zásypaného materiálu této jámové zátky, zpevnění stěn jámy v úseku zátky a zpevnění horninového masívu v místě zakotvení spodní betonové desky pod zónou zvětrání, vhodnými sanačními hmotami.

### Propad náměstí J. A. Alise

Před zahájením plánované rekonstrukce březohorského náměstí došlo v září roku 2022 k propadu dlážděné vozovky v těsné blízkosti kostela sv. Vojtěcha. Propad průměru 6,0 m a hloubky 1,5 m postihl část náměstí sloužící jako parkoviště a dotýkal se okraje chodníku podél kostela. Již před propadem byly pozorovány nerovnoměrné poklesy povrchu 4 až 7 cm. Archivní podklady ukázaly, že v místě a napříč náměstím probíhá a vychází na povrch v minulosti intenzivně těžená žilná struktura Vojtěšská nadložní žíla. Spolu s Vojtěšskou hlavní žílou, vyskytující se pod silnicí I/18, patřily tyto žíly k nejvýznamnějším těženým rudním strukturám v centrální části ložiska.

Dále bylo zjištěno, že kostel byl v době výstavby, vzhledem k rozfárání místa, posunutý z projektované polohy o několik metrů severovýchodním směrem. Průzkumné vrty realizované pro potřebu sanace podloží kostela ukázaly nerovnoměrnou hloubku skalního podloží způsobenou historickou těžbou. Podrobný vrtný průzkum, zaměřený na ověření geotechnických poměrů v okolí propadu a samotného propadu, našel středověkou šachtu situovanou těžari na výchozu žilné struktury [3]. Ta spolu s navazujícími důlními díly bezprostředně způsobila propad povrchu (obr. 3). Na obr. 4 je znázorněn svíslý řez šachtou interpretovaný z výsledků průzkumných vrtů. Mocnost antropogenních odvalů a obvalů v místě šachty byla zjištěna až 4,0 m. Ohlubeň šachty je trychtýřovitého tvaru, v úrovni skalního podloží je široká 6,0 m a odpovídá tím rozměrům propadu. V hloubce 15,0 m přechází přípovrchová část šachty pinkovitého tvaru do malého středověkého průřezu 3 až 6 m<sup>2</sup> a šířky do 2,0 m v příčném řezu. Odtud již byla šachta hloubena jako úklonná, sledující těženou žilnou strukturu na výchozu ve sklonu 80° k východu. Trychtýřovitý tvar šachty do hloubky 15 m v horninovém masívu arkózových a křemenných pískovců spodního kambria je způsoben vytěžením úklonné struktury až na povrch a v průběhu dalších století přezmáháním šachty ve svíslém směru při obnovovacích těžebních pracích.

Podle historických mapových podkladů se v zájmovém území nachází stará Schmid schacht s původním označením důl Veselého rytířstva, později také jako jáma Kovářská. Její poloha vychází 10 m západním směrem od propadu. Ze starých záznamů byla na Kovářské jámě při pracích roku 1835 zastižena *štufa 1523* – geodetická značka, která značí letopočet postupu prací v dole, a to v hloubce již 96 m. Na základě informací získaných z průzkumných vrtů a z dostupných údajů se jedná o tutéž šachtu vyhloubenou minimálně v 16. století. Na ústí šachty docházelo již v minulosti k opakovaným propadům povrchu. Dokladují to vrty zjištěné staré betonové plomby a železobetonové desky v hloubkách 2,0–2,6 m a 3,9–5,0 m (obr. 4). Jejich nakloněná poloha je způsobena přetékáním nezpevněného zásypaného materiálu do navazujících nezaložených důlních děl. Prezentovaný propad ze září 2022 byl po vykonání předběžného průzkumu bez prodlení zlikvidován nezpevněným zásypaním a kanalizace v jeho blízkosti opravena. Stanovení příčiny, přesná lokalizace starého důlního díla a jeho definitivní stabilizace byla realizována v následujícím roce 2023, při uzavírce části náměstí. A to včetně zajištění stability podloží římskokatolického farního kostela, který je nemovitou kulturní památkou.

area. These are in particular the Anna shaft (1455m deep), the Vojtěch mine (1262m deep), the Ševčín mine (also Franz Josef, 1108m deep) and the Marie mine pit (1165m deep). These deep pits were in the past only disposed of by building so-called plugs, caps at the mouth of the HDD in the near-surface parts of the pit. The additional stabilization works consisted of reinforcing the backfill material of this pit plug, reinforcing the pit walls in the plug section and reinforcing the rock mass at the anchorage of the lower concrete slab below the weathering zone with suitable rehabilitation materials.

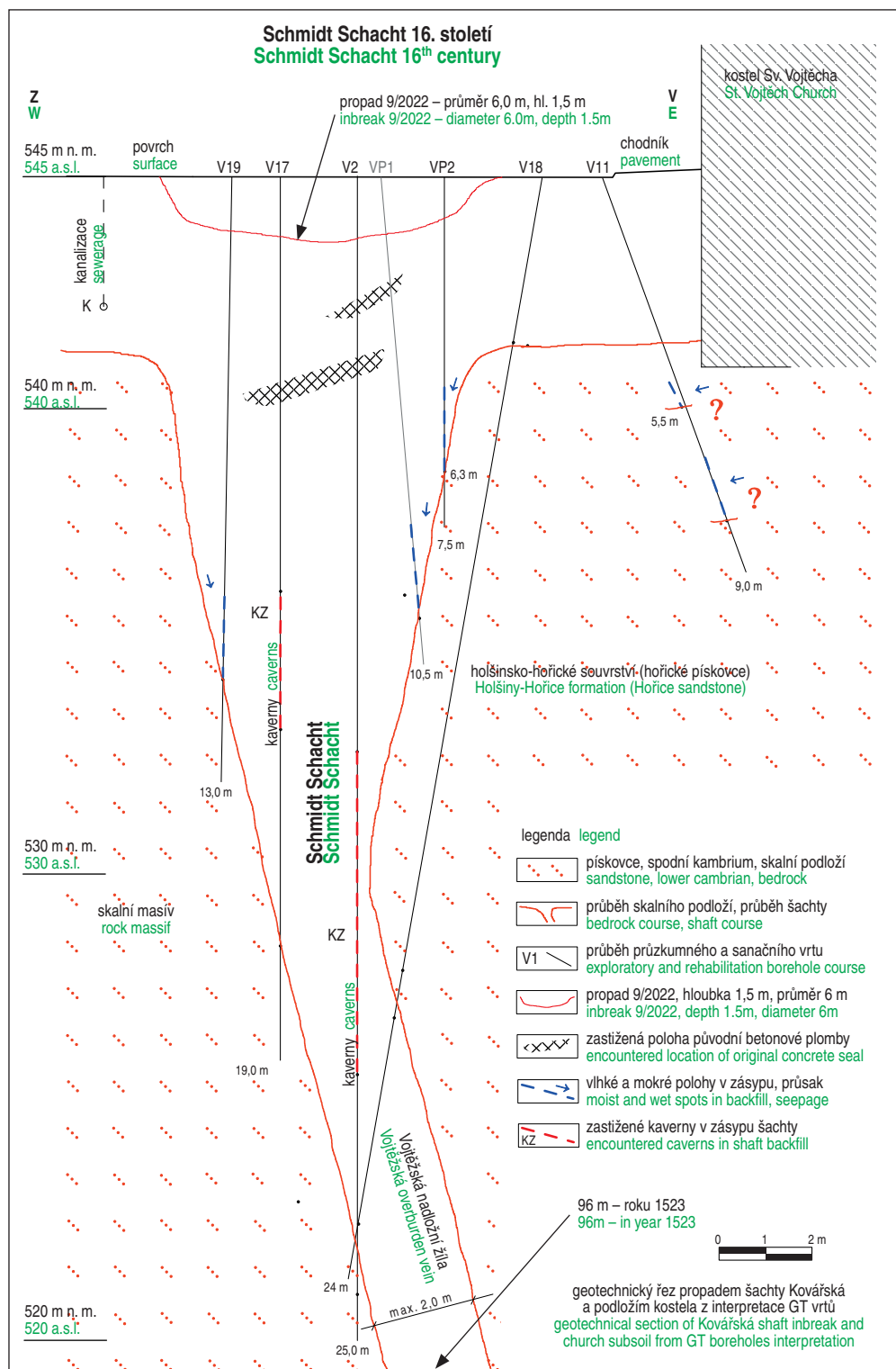
### J. A. Alis square inbreak

Before the commencement of the planned reconstruction of the square in Březové Hory in September of 2022, an inbreak in the cobblestone pavement appeared in the near vicinity of the St. Vojtěch church. Inbreak 6.0m in diameter and 1.5m in depth affected a part of the square used as a parking lot and made contact with the edge of the pavement alongside the church. Uneven settling of the surface between 4 and 7cm was already observed before the inbreak. Archival records have shown that in the past intensely mined vein structure Vojtěch overburden vein runs and protrudes from the surface in a spot and across the square. Along with the Vojtěch main vein, located beneath the I/18 road, these veins belonged to the most important mined ore structures in the central part of the deposit.

It was then discovered that during construction, the church was shifted by several metres north-east, in relation to the designed location. Exploratory boreholes realized for the need of rehabilitation of the subsoil of the church have shown uneven bedrock depth caused by historic exploitation. An in-depth borehole survey, aimed at confirming geotechnical conditions near and in the inbreak itself, discovered a medieval shaft situated by miners to the east of the vein structure [3]. It, along with the subsequent mine workings, was the root cause of the surface inbreak (see Fig. 3). Fig. 4 depicts a vertical section through the shaft interpreted from results of the boreholes. The thickness of anthropogenic heaps and dumps at the shaft was found to be up to 4.0m. The pit bank of the shaft is funnel-shaped, at bedrock level 6.0m wide and correlating with inbreak dimensions. Shaft's subsidence-shaped



Obr. 3 Propad náměstí na Březových Horách průměru 6,0 m způsobený středověkou šachtou  
Fig. 3 Inbreak of the square in Březové Hory 6.0m in diameter caused by a medieval shaft



**Obr. 4 Geotechnický řez propadem šachty Kovářská**  
**Fig. 4 Geotechnical section of the Kovářská shaft inbreach**

## SLAVKOVSKÝ LES – URANOVÝ REVÍR HORNÍ SLAVKOV (SCHLAGGENWALD)

Jedinečné zkušenosti získané při zajišťování starých důlních děl a stabilizaci podloží komunikací a povrchových objektů v březohorském rudním revíru byly v následujících letech uplatňovány při stabilizaci propadů a sanaci důlních děl přiblížených k povrchu, které představovaly riziko ohrožení povrchových objektů městské zástavby v uranovém revíru Horního Slavkova.

Spolu s horním městem Krásno tvoří Horní Slavkov a Čistá proslulý ložiskový trojúhelník, kde se kromě stříbra, cínu a wolframu těžil i uran. Horní Slavkov byl kolem roku 1533 největším světovým

subsurface section changes at the depth of 15.0m into a small medieval slit 3 to 6m<sup>2</sup> and width up to 2.0m in cross-section. From there onwards, the shaft was excavated slanted, following the mined vein structure on a default outcrop of 80° eastward. The funnel shape up to the depth of 15m in Georgian arkose and quartz sandstones rock mass is caused by extracting the inclined structures to the surface and throughout subsequent centuries overcoming the shaft vertically during reworking.

According to historic map basis, in the area of interest an old Schmid Schacht is located, formerly known as Veselé rytířstvo mine, later also as Kovářská pit. Its location is 10m westward from the inbreach. From archival records, a „Štufa 1523“ – a geodesy sign marking the year of advancement of work in the mine already at a depth of 96m, was encountered during work at Kovářská pit in 1835. On the basis of information gathered from borehole surveys and available data, it is the identical shaft excavated at minimum in the 16<sup>th</sup> century. Inbreaches have already occurred repeatedly at the shaft entrance in the past. As evidenced by an old concrete seal and reinforced concrete slab discovered by boreholes at a depth of 2.0–2.6m and 3.9–5.0m (see Fig. 4). Their inclined position is caused by unstabilised shaft backfill overflowing to connected, not established mine workings. Presented inbreach from September 2022 was without delay cleared away after a preliminary survey by an unstabilised backfill and sewerage in its vicinity was repaired. Determining the root cause, exact location of the old mine working and its final stabilisation was realised the following year in 2023, during a closure of a part of the square. That included securing subsoil stability of the Roman Catholic parish church that is a cultural monument.

## SLAVKOV FOREST – HORNÍ SLAVKOV URANIUM DISTRICT (SCHLAGGENWALD)

Unique experience gathered during the securing of old mine workings and subsoil stabilization of roads and superficial buildings in the Březové Hory ore district were applied in the following years during stabilization and rehabilitation of mine workings closer to the surface, that posed a risk of endangerment

producentem cínu. Koncem 16. století došlo k poklesu těžby cínu, ale město prosperovalo dále díky těžbě stříbra. Cíleným geologickým průzkumem ve 20. stol. zde byla objevena ložiska uranu, která se těžila v období let 1946–1962.

Na rozdíl od starých rudních dobývek byla situace uranových důlních děl zcela odlišná. Existovala jejich kompletní dokumentace, včetně důlně-měřických map. Tato dokumentace byla využita k lokalizaci a propojení „uranových“ vydobytých prostor s povrchem sanačními vrty. Ty byly vystrojeny dle skutečně zastižených podmínek (kaverna, základka). Přesto průzkumné vrty zjistily odchylku skutečné polohy čelby přiblížených děl k povrchu od mapových podkladů, i když podstatně nižší než v případě březohorského rudního ložiska. Způsobena byla změnou sklonu těžených žil mezi 1. patrem dolu a povrchem. V žilných uzlech Barbora, Zdař Bůh a Svatopluk byly stabilizovány propady od již likvidovaných hlavních důlních děl (tzn. od jam) a postupně sanovány nebezpečné relikty výstupkového dobývání nad úroveň 1. patra ohrožující stabilitu povrchu (dobývkové komíny a dobývkové chodby) [4]. Tato preventivní sanační opatření umožnila v následujících letech nadále bezpečně užívat silnici II/209 – průtah městem, městské komunikace, obytné objekty v nadloží a pozemky nevhodné k výstavbě RD, bez rizika ohrožení bezpečnosti provozu a vzniku škod na bytové zástavbě.

Obdobná situace byla řešena také v areálu věznice Horní Slavkov při sanaci propadů, těžních jam, dobývkových komínů a dobývek nacházejících se pod objekty jídelny, v blízkosti výrobních objektů, v podloží účelových komunikací, zpevněných ploch a ploch určených k dalšímu využití. Sanační práce zde probíhaly nejen za stálého geotechnického dozoru, ale také za stálého dozoru ozbrojené vězeňské služby.

Specifické sanační práce byly realizovány při stabilizaci dobývkového komína a navazující dobývkové chodby, s rizikem ohrožení stability v nadloží vedené městské komunikace a na soukromém pozemku plánované výstavby rodinného domku. Tyto relikty dobývání uranových rud byly zatopeny důlní vodou. Na obr. 5 jsou zřejmé sanační vrty komína a navazujících chodeb s tryskající důlní vodou zatopených děl při jejich zastižení sanačním vrtem. V takto složitých podmínkách bylo nutné zabránit nežádoucímu úniku sanační směsi jak do navazujících důlních děl na spodním patře při patě komína, tak do dobývkových chodeb posledního výstupku těženého bloku. Dnes v nadloží sanovaného díla stojí novostavba RD bez rizika jejího ohrožení poškozením v důsledku postupu rozvolňovacích procesů k povrchu v masívu oslabeném hornickou činností.



Obr. 5 Sanační vrty dobývkového komína v podloží městské komunikace a v pásnu vlivu nové výstavby v Horním Slavkově

Fig. 5 Rehabilitation boreholes of the stope holes in the subsoil of the city communication and in the zone of influence of the new development in Horní Slavkov

to above-ground buildings of the urban area located in the Horní Slavkov uranium district.

Together with „horní město“ Krásno (ie. mining town), Horní Slavkov and Čistá form a renowned deposit triangle, where besides silver, tin, and tungsten, uranium was also mined. Horní Slavkov was circa year 1533 the largest tin producer in the world. Tin mining declined towards the end of the 16<sup>th</sup> century, although the city continued to prosper thanks to silver extraction. A deliberate geological survey here in the 20<sup>th</sup> century discovered deposits of uranium that were then mined in the period 1946–1962.

In contrast to past ore extraction the uranium mine workings situation was vastly different. Their complete documentation existed, including mine-geodesy maps. This documentation was used to localize and connect „uranium“ excavated spaces to the surface by rehabilitation boreholes. These were outfitted in correlation to conditions actually encountered (caverns, rock filling). Still, survey boreholes determined a deviation of the actual face location of those closer to the surface compared to map basis, although significantly smaller than in the case of Březové Hory ore deposit. It was caused by a slope change of extracted veins between the mine's first level and the surface. In vein nodes Barbora, Zdař Bůh and Svatopluk, inbreaks caused by already cleared away main mine workings (ie. by pits) were stabilised and dangerous flat back method relicts above the first level endangering the surface stability (stope holes and stope corridors) gradually rehabilitated [4]. These preventative rehabilitation measures enabled continuous and safe usage of the II/209 road – city through road, city communications, dwellings in the overburden and estates not suitable for constructing family houses, without risk of endangering safe usage and damaging housing developments.

A similar situation was also addressed in the Horní Slavkov prison compound, during rehabilitation of inbreaks, mine pits, stope holes and stopes situated beneath the canteen building, in the vicinity of manufacturing facilities, in the subsoil of access roads, paved surfaces and surfaces designated for further utilization. Rehabilitation works here went on not merely under continuous geotechnical supervision, but also constant surveillance by armed prison service.

Specific rehabilitation works were also implemented during stabilisation of a stope hole and a subsequent stope corridor, with a risk of endangering the stability of city communication in the overburden and an estate with planned construction of a family house. These relicts of uranium ore extraction were flooded with mine water. Rehabilitation boreholes of the holes and subsequent corridors are evident on Fig. 5 with gushing mine water from the flooded workings during their interception by a rehabilitation borehole. In such challenging circumstances, it was essential to prevent unwanted leakage of rehabilitation compound not only into connected mine workings on a lower level at the base of the hole, but also into the stope corridors of the last projection of the mined block. Today, a new-build family house is situated in the overburden of the rehabilitated mine workings without risk of endangering it by damage as a result of advancing loosening processes towards the surface in a massif weakened by mining activities.

#### SLAVKOV FOREST – ČISTEC TIN DISTRICT (LITRBACHY-LAUTERBACH)

The most challenging situation in securing old mine workings (SDD) occurred in the Čistá-Litrbachy region. It is a historic tin

## SLAVKOVSKÝ LES – ČISTECKÝ CÍNOVÝ REVÍR (LITRBACHY-LAUTERBACH)

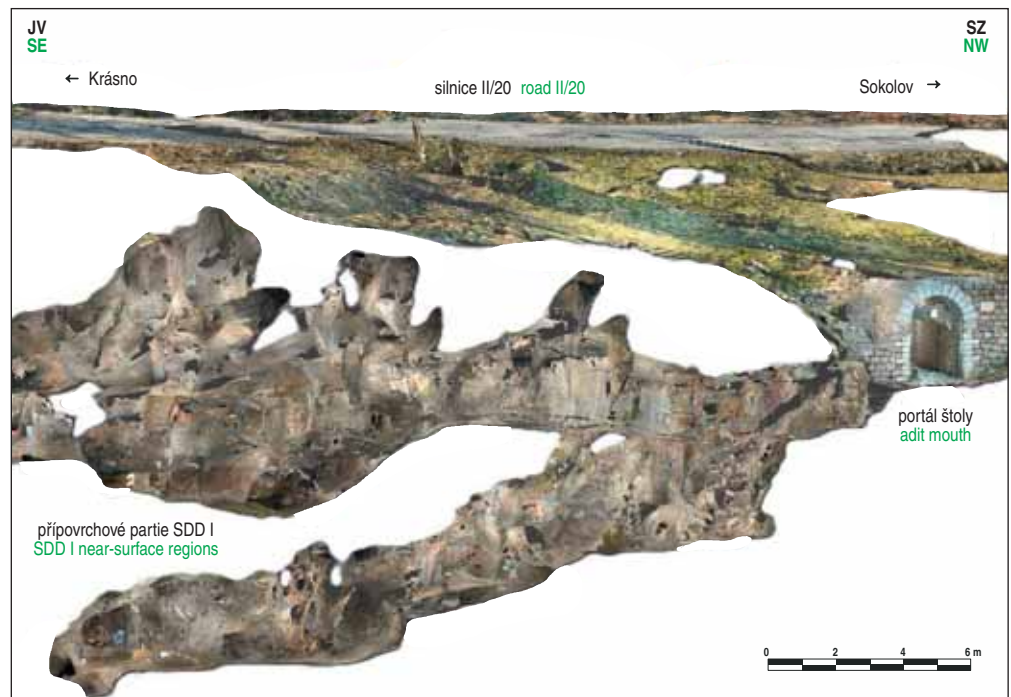
Nejsložitější situace zajišťování starých důlních děl (SDD) nastala v lokalitě Čistá-Litrbachy. Jedná se o cínové historické ložisko, těžené od středověku a v některých komorách dnes opuštěných důlních děl (ODD) dokonce až do roku 1905. Město, roku 1551 povýšené na královské horní, zachvátil roku 1772 rozsáhlý požár, který zničil téměř všechny písemné materiály. Bez nich je ztracena báňská kontinuita lokality. Oblast ODD dolu Jeroným tvoří původní stará důlní díla ze 16. století dotčená pokusnými těžebními průzkumy z období 18. a 19. století. Z posledních průzkumných prací ze 60. let 20. století pochází měřická dokumentace této části ložiska. Ostatní nově objevené komplexy od roku 1982 označené SDD I-IV jsou původní historická důlní díla z 15. až 17. století, nedotčená novodobou těžbou, bez jakékoli zachované původní důlní dokumentace. Více k lokalitě je popsáno v časopise Tunel č. 4/2023 [5].

### Přípovrchové partie SDD v okolí silnice II/210

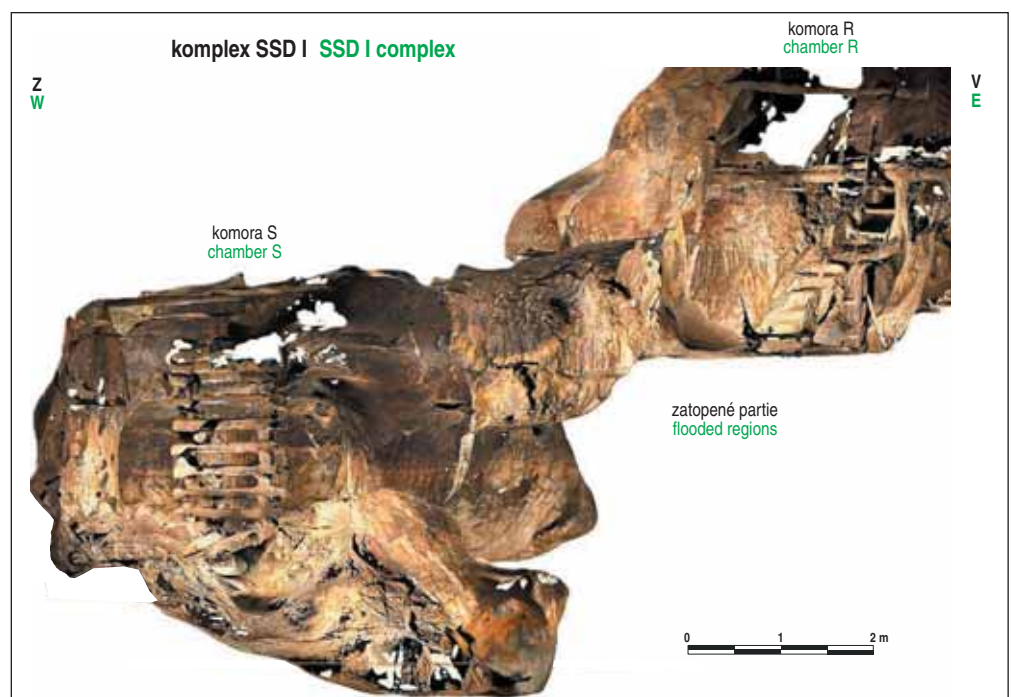
Komplex starých důlních děl, označený SDD I a objevený Františkem Barochem z Pramenů v roce 1982 při propadu u silnice II/210, byl poprvé zaměřen objevitelem pomocí důlního kompasu a pásma. Vznikla tak první jednoduchá mapa a řez této části ložiska. Po rozhodnutí o zachování těchto historických důlních děl pro budoucí generace, byly k zajištění použity prvky vyzděné z kamene. Týká se to zeslabených mezikomarových pilířů s přízdívkami, podepření stropů komory kamennými klenbami a podepření závalů v podzemí kamennými hráziemi na celý profil důlního díla, s drenážními prostupy pro odlehčení hydraulického tlaku průsakových vod. Výztužné kamenné prvky byly zhotoveny z místního nezávládného materiálu (granitoidů) tak, aby nenarušily historický ráz podzemních prostor [6].

V přípovrchových partiích na výchozu ložiska, ovlivňujícího silnici II/210, se mocnost navětralého nadloží pohybuje od 2 do 8 m, a to včetně kvartérního pokryvu. Za silnicí tato hodnota postupně, se sklonem ložiska, stoupá. Poloha a rozsah vydobytých prostor v ochranném pásmu silnice jsou zřejmé z nově provedené 3D dokumentace podzemí (obr. 6). Historická díla vyražená ve sklonu ložiska cca 30° k jihu zde vytváří drenážní systém s infiltrací srážkových vod na výchozu ložiska a v místech závalů komunikujících s povrchem a s gravitačním odtokem

deposit mined from the medieval times and in some of the chambers of the today abandoned mine workings (ODD) actually up to the year 1905. The city promoted in 1551 to a „královské horní“ (ie. king's mining town) was engulfed by an immense fire, which destroyed almost all written records. The mining continuity of the location is lost without them. The region of Jeroným mine ODD are original old mine workings from the 16<sup>th</sup> century, affected by trial mining surveys from the period of the 18<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> century. Surveying documentation of this section of the deposit originates from the last exploration work in the 1960s. Other newly found complexes from 1982 marked as SDD I-IV are original historic



Obr. 6 Dokumentace 3D rozsahu vydobytých prostor v ochranném pásmu silnice  
Fig. 6 Documentation of the 3D extent of excavated areas in the protection zone of the road



Obr. 7 Profil zatopenými komorami komplexu SDD I, nejhlubší partie bez napojení na odvodňovací štolu  
Fig. 7 Profile of the flooded chamber of the SDD I complex, deepest part without a connection to the drainage shaft

důlních vod do nejhlubšího místa podzemí, kde dochází k zatápní spodních komor komplexu SDD I. Nejnovější průzkum prováděný pod úrovní ustálené hladiny důlní vody v zatopených komorách prokázal, po vyčerpání, odtěžení závalů, naplavených sedimentů a zajištění kritických částí komor, plnou čelbu všech rozfáraných navazujících chodeb bez napojení na odvodňovací štolu. Její horizont se nachází cca 6 až 8 m pod nejhlubší zatopenou částí komory. Dokumentace 3D zatopených komor je na obr. 7 ve formě podélného řezu, kde je zřejmá i poloha nově postavené dřevěné hraně podepírající nestabilní strop spodní komory. Předchůdci komplex SDD I při těžbě cínu zřejmě nenapojili na odvodňovací štolu a museli důlní vody čerpat dřevěným čerpacím potrubím (zde nalezeným) do místa přepadu navazujících důlních děl označených dnes jako komplex SDD II. Ten skrze závaly prokazatelně komunikuje s odvodňovací štolou Jeroným. V nejhlubší zatopené komoře komplexu SDD I bez gravitačního odtoku byla na stěně komory objevena štufa, geodetická značka s letopočtem 1629 a iniciály P. H. Předpokládá se osazení čerpací soustavy s elektronickou kontrolou hladin, kde spodní čerpadlo bude udržovat hladinu ve spodní komoře pod úrovní hraně a přečerpávat vodu do tůně v horní komoře. A odtud druhé čerpadlo do navazující komory SDD II. Gravitační řešení je navrženo s odvodňovacím vrtem, viz Tunel č. 4/2023 [5].

### Zajišťovací práce na odvodňovací štolě Barbora

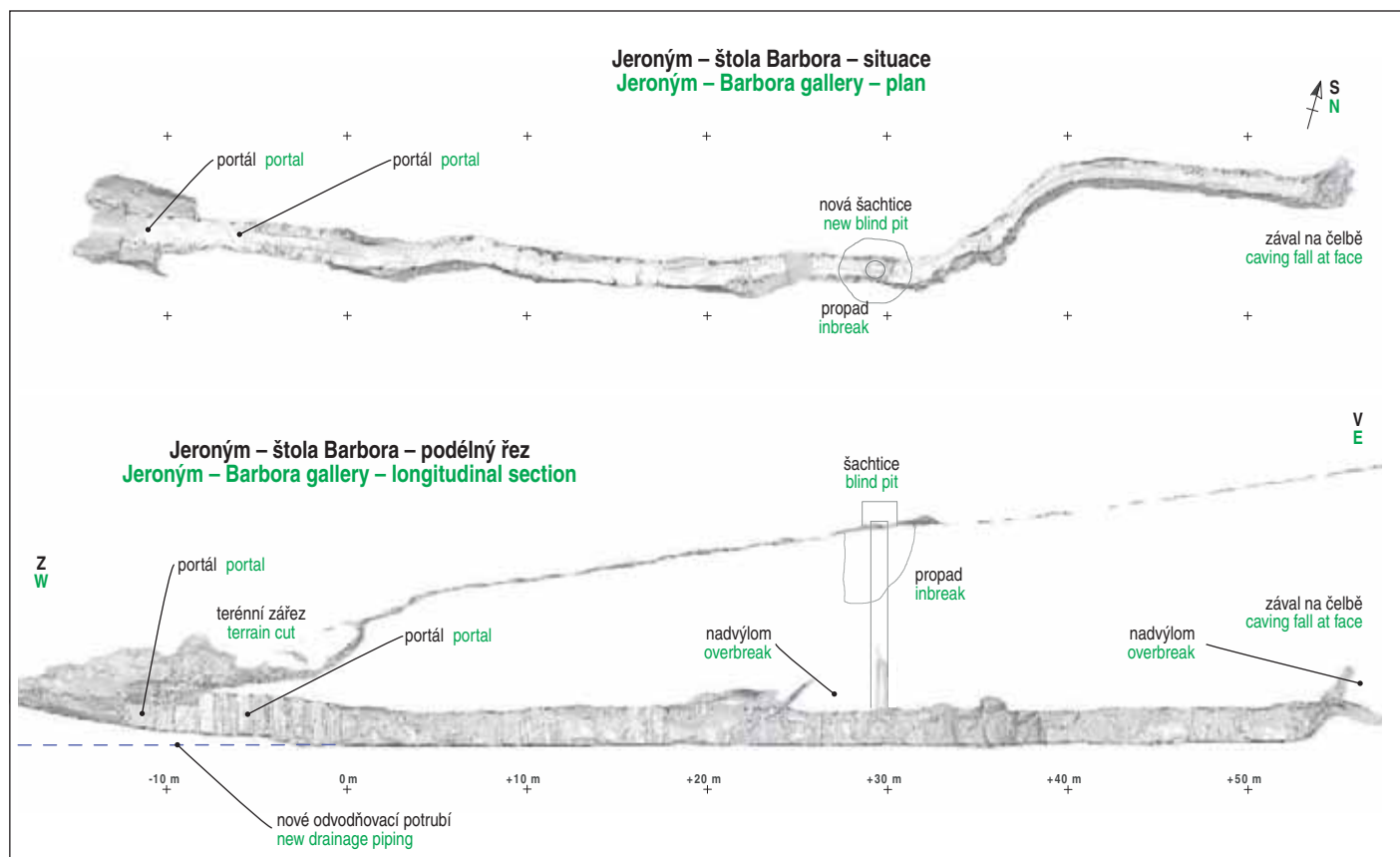
V současné době probíhají přípravné a zajišťovací práce další etapy obnovy odvodňovací štol Barbora, druhé nově objevené odvodňovací štolý Čistického cínového revíru. Její předpokládaná přítomnost v místě vývěru podzemní vody byla potvrzena průzkumem již v roce 2014. Zpřístupnění ústí štolý se podařilo až v roce 2020. V délce přes 60 m byl strop provalený. Gravitační odtok důlní vody byl v tomto úseku zajištěn položením odvodňovacího potrubí DN250 v úrovni původní počvy štolý. Při zemních pracích zde byly

mine workings from the 15<sup>th</sup> to 17<sup>th</sup> century, untouched by modern mining, without any preserved original mine documentation. More regarding this location is covered in Tunel magazine 4/2023 [5].

### Near-surface regions of SDD near the II/210 road

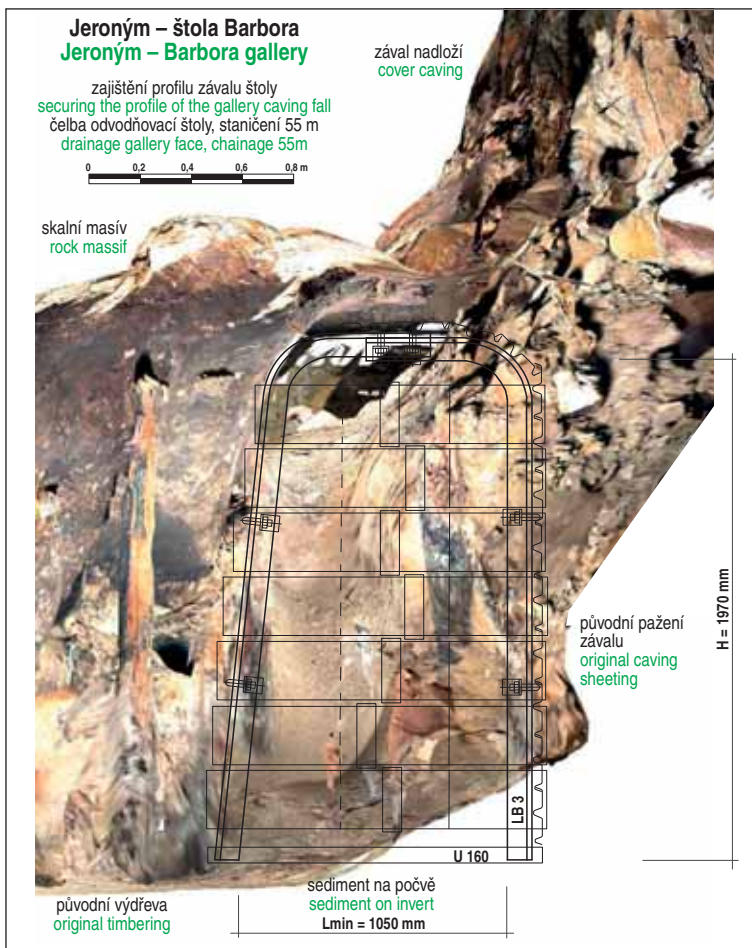
A complex of old mine workings labelled SDD and discovered by František Baroch z Pramenů in 1982 during an inbreak of road II/210, was first surveyed using a circumferentor and a tape measure. The first simple map and cross section of this part of the deposit was therefore created. After deciding to preserve these historic mine workings for generations to come, elements made of stone were used to secure them. That applies to weakened intercompartmental pillars with reinforcing masonry, underpinning of rock blocks, supporting ceilings of the chamber with stone arches and propping up underground caving falls with full-profile stone dams, with drainage pass-throughs to ease pressure caused by seeping water. Reinforcing stone elements were fabricated from local unweathered material (granitoid), such that they would not disturb the historical character of the underground space [6].

The thickness of partially-weathered overburden in the near-surface regions on the deposit outcrop affecting road II/210 deviates from 2 to 8m, including Quaternary deposits. Past the road, this value constantly increases with the angle of the deposit. Location and extent of excavated areas in the protective zone of the road are evident from newly carried out 3D underground documentation (see Fig. 6). Historic workings excavated with a deposit incline of ca. 30° southward create a drainage system with rainwater infiltration on deposit outcrop and in areas of caving falls communicating with the surface and with gravitational mine water runoff towards the deepest subsurface spots, where flooding of the lower chambers of



Obr. 8 Dokumentace skutečného stavu obnovené části štolý, 3D mapování, situace a podélný řez, podklad pro projekt

Fig. 8 Actual status documentation of the restored part of the gallery, 3D mapping, situation and longitudinal section, basis for the project

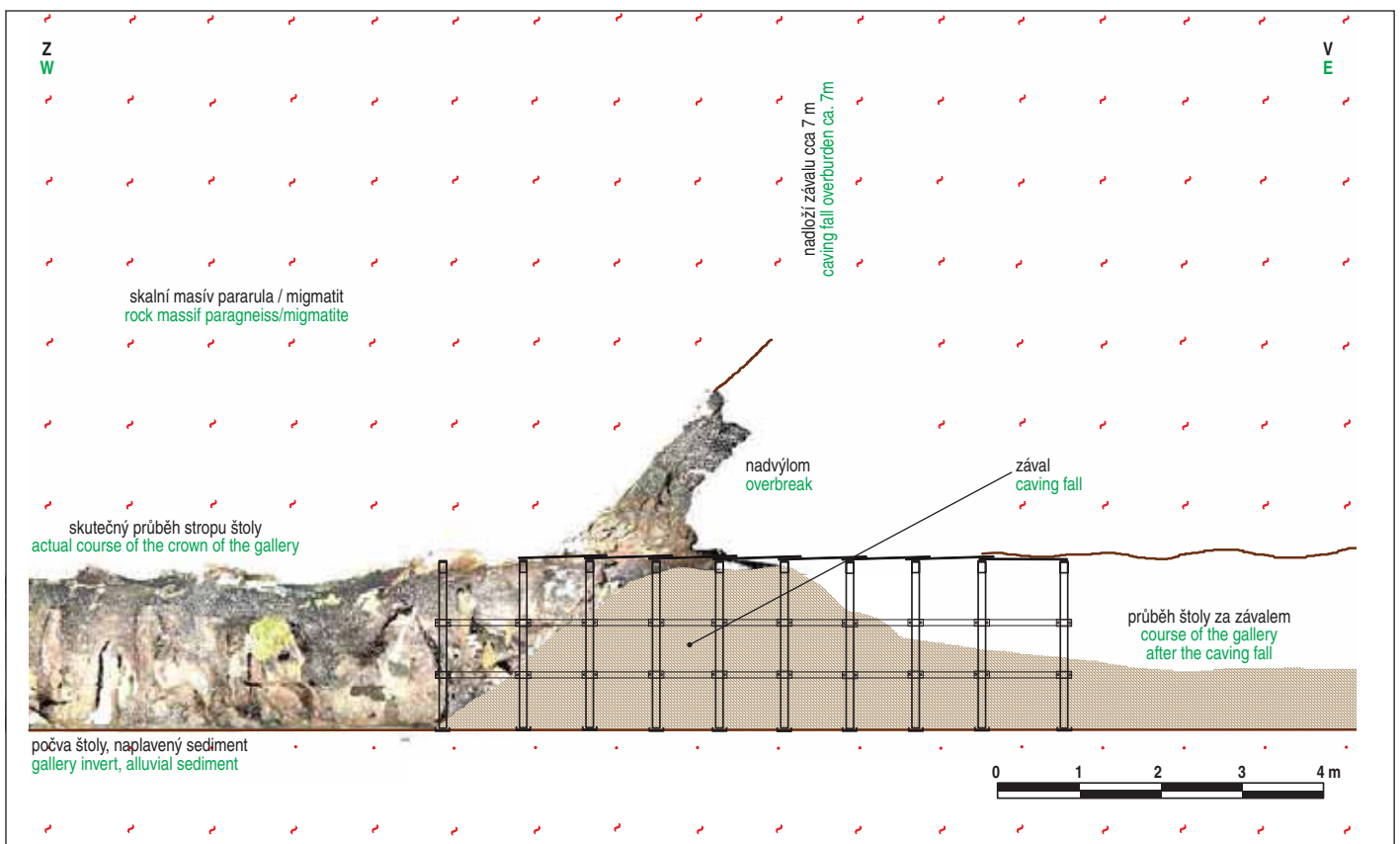


Obr. 9 Příčný profil zajištěním štoly v místě závalu ve staničení 55 m  
Fig. 9 Cross section of the securing of the gallery at the location of the caving fall at a chainage of 55m

the SDD I complex occurs. Latest survey carried out below stable mine water levels in flooded chambers proved, after draining, excavating caving falls and alluvial sediments and securing critical parts of the chambers, that there are all full faces of opened connecting corridors without connection to the drainage gallery. Its horizon is located ca. 6 to 8m below the deepest part of the flooded chamber. 3D documentation of the flooded chambers is depicted on Fig. 7 as a longitudinal section, on which there is also the location of the newly built wooden chock supporting the unstable ceiling of the lower chamber. Predecessors apparently did not connect the SDD I complex during tin mining to the drainage gallery and had to pump mine water using wooden pumping pipes (found at this location) to a spillway of adjacent mine workings today labelled as the SDD II complex. This one, despite caving falls, verifiably communicates with the Jeroným drainage gallery. In the deepest flooded chamber without gravitational runoff of the SDD I complex, a geodesy mark „štufa“ was found, with the year 1629 and initials P.H. Mounting of a pumping system with electronic surface control is expected, where the lower pump will maintain the surface in the lower chamber below the chock and pump out water into a sump in the upper chamber. And from there a second pump to the following SDD II chamber. A gravitational solution is designed with a drainage well, see Tunel magazine nr. 4/2023 [5].

### Securing works on the Barbora drainage gallery

At the present time, preparatory and securing works for the next phase of Barbora drainage gallery renovation are ongoing, the second newly discovered drainage gallery of the Čistec tin district. Its expected presence at the location



Obr. 10 Podélný profil zajištěním závalu odvodňovací štoly Barбора ve staničení 55 m  
Fig. 10 Longitudinal section of the caving fall of the Barbora drainage gallery at a chainage of 55m

odkryty původní páry dřevěné výztuže s provalenými stropnicemi a místy také původní dřevěná podlaha. Ústí štoly bylo zpřístupněno zajištěnou vydrženou úpadnicí v délce 12 m a dřevěným pažením s hydroizolací a zásypem z rubaniny vytěžené ze závalů při zmáhání štoly. V současné době je štola v původním profilu obnovena v délce 50 m. Kritické úseky štoly jsou zabezpečeny výdřevou s pažením stropu. Ve staničení 30 m vznikl zával štoly v hloubce 10 m pod terénem. V roce 2022 způsobil na povrchu kruhový propad průměru 4,0 m a hluboký 4,3 m (obr. 8). Protože se jedná o odvodňovací štolu, byl propad vyzmáhán pomocí šachtice vyhloubené do úrovně odvodňovací štoly, odkud byla odčerpávána naakumulovaná důlní voda za závalem a následně vedena zmáhací protiražba ze šachtice směrem k ústí štoly. Zával byl překonán pomocí hnaných pažnic Union, předrážených jehel s vodorovným pažením a členěním čelby s důlní ocelovou výztuží profilu LB3 (H = 1970 mm) v délce 8,0 m osazenou na příčné prahy. Zmáhací šachtice byla na závěr opatřena ostěním, propad likvidován kombinací zpevněného a nezpevněného zásypu. V současné době slouží tato šachtice jako větrací a dopravní pro další práce v podzemí.

Ve staničení štoly 55 m byl lokalizován další zával s viditelným nadvýlomem výšky 3,0 m. Nadloží zde převyšuje 12 m a zatím se přímé rozvolňovací procesy na povrchu neprojevily žádným propadem. Pro návrh zajištění závalu a obnovení profilu v tomto úseku byla provedena dokumentace skutečného stavu štoly za pomoci 3D mapování, včetně závalu. Výsledkem je situace, podélný řez štolou (obr. 8), příčný a podélný profil zajištěním závalu důlní výztuží. Vše je součástí projektové dokumentace obnovy funkce odvodňovací štoly (obr. 9 a 10). V levém horním rohu příčného řezu štolou se pod stropem nachází okno v závalu, jímž je vidět pokračování štoly v délce cca 8,0 m. Realizace těchto zajišťovacích prací je v současné době v přípravě.

### Propojení komplexů SDD a ODD dolu Jeroným

Jedním z cílů projektu je propojení již zmíněných komplexů SDD Jeroným, nedotčených novými pracemi, s komplexem ODD známých již od počátku 20. století. Byla proto provedena 3D dokumentace části komplexu SDD III, viz obr. 11 a 3D dokumentace části ODD. Tomu v předešlých letech předcházela klasická důlně-měřická dokumentace doplněná o speleologické mapování prováděné průběžně během zajišťovacích prací. Tato dokumentace umožnila vytipování místa vzájemného propojení ražbou minimálního rozsahu a dopadu na historická důlní díla nad hladinou zatopených prostor. 3D dokumentace byla při té příležitosti také využita k dokumentaci nálezů archeologických artefaktů (železek, tj. primitivního středověkého rozpojovacího nástroje používaného k vytesání profilu důlního díla, viz obr. 12). Metoda 3D mapování v kombinaci s klasickým důlně-měřickým zaměřením posloužila též k sestrojení podélného řezu plánované prorážky obou komplexů a vyprojektování této propojky [7]. Předpokládá se délka 8,5 m, při převýšení 3,6 m a profilu 2,0–2,4 m<sup>2</sup>. Původní projekt předpokládal délku 40 m nebo 80 m do tehdy známého komplexu SDD I s rozpojováním žulového masívu trhačím pracemi. Na základě nově provedené dokumentace objevených historických důlních děl postačí vyrazit pouze cca 8,5 m.

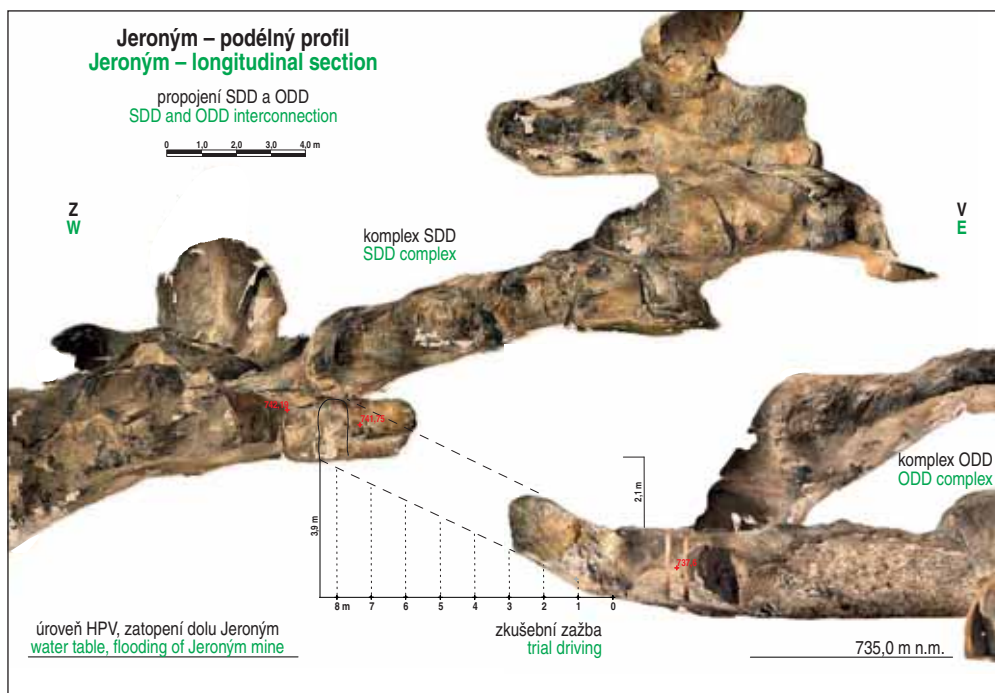
Projektant se zhotovitelem, s ohledem na historickou hodnotu důlních děl Národní kulturní památky důl Jeroným, v současné době testuje možnosti využití hydraulického trhačího klínu (dardy) při ražbě propojky bez trhačích prací (TP). Průběžné výsledky ukazují, že způsob rozpojování je velmi šetrný k výrubu bez seismických dopadů na stabilitu výrubu historických důlních děl. Je velmi bezpečný a bez nutných technologických přestávek jako u TP. Nevyžaduje nucené větrání a náročný seismický a geotechnický monitoring. Nevýhodou je přítomnost poruchových zón a žilných struktur na

of a groundwater spring was confirmed by a survey already in the year 2014. Accessing the adit entrance was enabled not until 2020. The ceiling was collapsed at a length of more than 60m. Gravitational drainage of mine water in this section was secured by laying out DN250 drainage pipes at the level of the original gallery invert. Original sets of wooden framework with collapsed caps were uncovered here during earthwork, and also in some places original wooden flooring. Adit entrance was made accessible by a 12m long secured timbered inclined winze and wooden lagging with waterproofing and spoil backfill, excavated from caving falls while overcoming the gallery. At this point in time, the original profile of the gallery has been restored for 50m. At a chainage of 30m a caving fall occurred in the gallery, 10m deep below the surface. In the year 2022 it caused a round inbreak on the surface 4.0m in diameter and 4.3m in depth (see Fig. 8). Because this concerns a drainage gallery, the inbreak was overcome using a blind pit excavated down to the level of the drainage gallery, from where accumulated mine water was pumped and straight after the recovery drive to the opposite end from the blind pit in the direction of the adit entrance was conducted. The caving fall was surmounted thanks to Union sheet pilings, pre-drilled spiles with horizontal sheeting and face sequencing with LB3 steel mine reinforcement (H=1970mm) at length of 8.0m mounted to vertical sills. The recovery blind pit was in the end outfitted with lining, the inbreak was disposed of thanks to a combination of stabilised and unstabilised backfill. Nowadays, this blind shaft is used for ventilation and transport for other underground work.

At a chainage of 55m in the gallery, another caving fall was localised with a visible 3.0m tall overbreak. Overburden here exceeds 12m and no direct dislodging processes have so far manifested themselves as any inbreak on the surface. For planning the securing of the inbreak and recovering the profile in this section, an actual gallery status quo documentation using 3D mapping was created, including inbreaks. The outcome is a plan, a longitudinal section of the gallery (see Fig. 8), a cross and longitudinal section of the securing of the caving fall with mine reinforcement. Everything is included in the engineering package for functionality restoration of the drainage gallery (see Fig. 9 and 10). An opening in the caving fall is located at the top-left corner of the cross section, through which the continuation of the gallery is visible, ca. 8.0m in length. Implementation of these securing works is currently in the making.

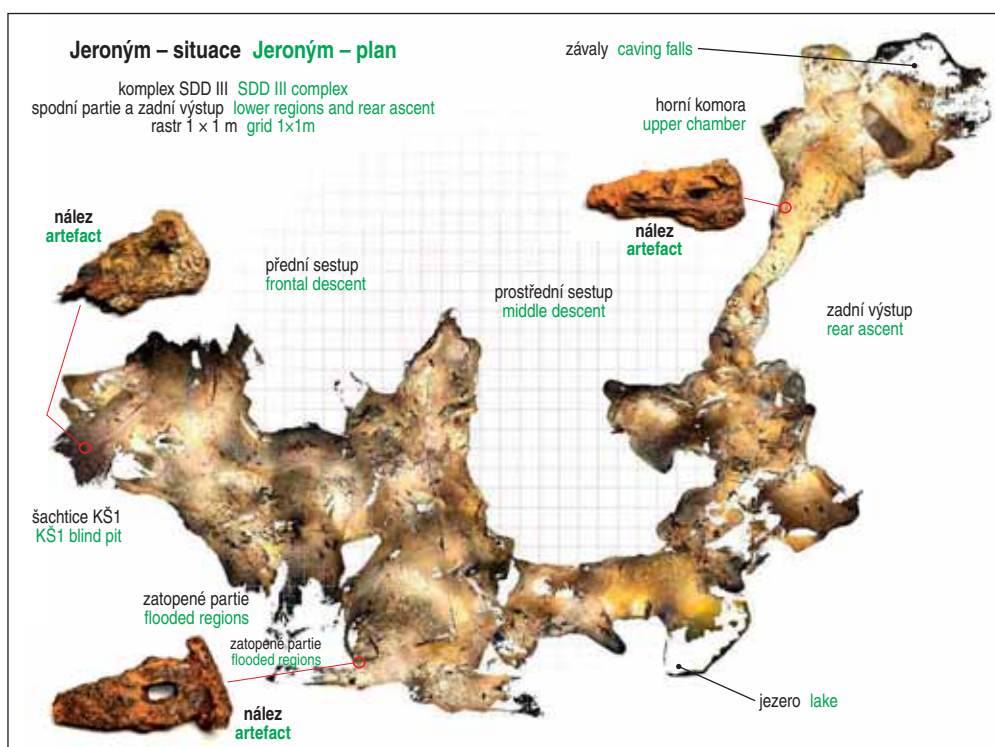
### Connecting SDD and ODD complexes of the Jeroným mine

One of the goals of this project is connecting the already mentioned SDD Jeroným complexes, untouched by recent works, with the ODD complex known ever since the beginning of the 20<sup>th</sup> century. For that reason, 3D documentation of a section in SDD III complex, see Fig. 11, and 3D documentation of a part of the ODD were carried out. That was in the past years preceded by classic mine-survey documentation supplemented by speleological mapping carried out simultaneously during securing works. This documentation allowed picking out a place of interconnection with excavation of minimum extent and impact on the historic mine workings located above flooded levels. On this occasion, 3D documentation was also used to map out discovered archaeological artefacts (hacks, ie. primitive medieval breaking tools used for excavating profiles of mine workings, see Fig. 12). The method



Obr. 11 Návrh propojení komplexů SDD a ODD dolu Jeroným, podélný řez, 3D dokumentace, zkušební ražba dardou

Fig. 11 Proposal for the interconnection between the SDD and ODD of the Jeroným mine, longitudinal section, 3D documentation, trial excavation with „darda“



Obr. 12 Nálezy archeologických artefaktů v komplexu SDD III

Fig. 12 Archaeological artefact findings in the SDD III complex

čelbě, kde tyto zóny oslabení žulového masívu způsobující utlumení trhacího tlaku, při němž nedojde k požadovanému účinku a rozpojení horninového bloku, ale pouze k lokálnímu drcení horniny. Trhací síla zkoušené dardy typu C9 je maximálně 2000 kN (podle údaje výrobce na štítku 200 tun) při hydraulickém tlaku oleje 500 barů.

Výhody v těchto podmínkách převažují nad nevýhodami a získané zkušenosti jsou přenášeny do úprav pracovního postupu a vrtného schématu pro zvýšení rychlosti a bezpečnosti postupu ražby. Monitoring je prováděn formou testování 3D dokumentace čelby

of 3D mapping in combination with classic mine-geodesy surveying has also lent itself to the creation of a longitudinal section of the planned break-through of both the complexes and also to the designing of this connection [7]. A length of 8.5m is expected, with an elevation difference of 3.6m and a profile of 2.0–2.4m<sup>2</sup>. The original project anticipated a length of 40m or 80m into the then known SDD I complex with granite massif breaking using the drill and blast method. Only excavating ca. 8.5m will be sufficient on the basis of the newly created documentation of the discovered historic mine workings.

The civil designer alongside the contractor, taking the value of the Jeroným National cultural monument mine workings into consideration, are currently testing the possibilities of utilizing a hydraulic breaking wedge (so called darda) whilst excavating the connection without the drill and blast method (TP). Continuous results show that the breaking method is quite gentle on the face, without the impact of seismicity on the face stability of the historic mine workings. It is very safe and without technological breaks, unlike the drill and blast method. It does not require forced ventilation and demanding seismic and geodetic monitoring. The disadvantages are present fault-zones and vein structures at the face, where these zones of weakened granite massif cause the dampening of breaking pressure, during which the required effect and rock block separation does not occur, but only just local rock crushing. The cutting force of the tested type C9 „darda“ is a maximum of 2000kN (200 tons according to data on the manufacturer's label) at a hydraulic pressure of 500 bars.

Advantages in these conditions outweigh the disadvantages and gathered experience is carried over to changes of the operating procedure and drill pattern for the improvement of speed and safety of the excavating advance. Monitoring is performed using 3D head and excavation documentation testing, not only for recording the speed of excavation advancement, but also for geological head documentation and continuous real implementation documentation in relation to the project and requirements for the precision of the break-through into the small-profile medieval exploration gallery.

a výrubu, jak pro zaznamenávání rychlosti postupu ražby, tak ke geologické dokumentaci čelby a dokumentaci průběžného skutečného provádění díla ve vztahu k projektu a požadavku na přesnost prorážky do maloprofilové středověké průzkumné chodby. Vyhodnocení zkušební ražby v těchto podmínkách bude provedeno v průběhu roku 2025.

## ZÁVĚR

Intenzivní provoz na silnici I/18 v úseku průtahu městem Příbram přes Březové Hory prověřil za dobu déle než 20 let po její rekonstrukci a sanaci podloží poddolovaných úseků účinnost provedených sanačních prací a účelnost vynaložených finančních prostředků. Za celé období nedošlo k projevům důlních děl na povrch ani ve formě poklesu povrchu silnice a k ohrožení bezpečnosti provozu. Na náměstí J. A. Alise, kde nebyly provedeny preventivní sanační práce poddolovaných úseků, došlo v roce 2022 k propadu náměstí u kostela sv. Vojtěcha, přičemž se jedná o obdobné báňsko-geologické poměry jako v podloží sanované silnice.

V oblasti zástavby Horního Slavkova, kde správce důlních děl provádí kontroly sanovaných úseků, rovněž nebyly dosud zjištěny poruchy či jiné deformace komunikací nebo povrchových objektů v nadloží. Zkušenosti z březohorského revíru byly tedy vhodně a efektivně aplikovány i v podmínkách uranového revíru Horního Slavkova. Na místech, kde nebyla provedena aktivní opatření, jsou zájmová místa osazena monitorovacími prvky pro sledování postupu přímých rozvolňovacích procesů k povrchu pro případ nezbytné realizace vhodných sanačních opatření.

Při zajišťování ve složitých podmínkách nepravidelného komorového historického dobývání v podloží silnice II/210 v oblasti cínového revíru Čistá se v poslední době využívají kromě geodetických metod a speleologického mapování i nové metody průzkumu a 3D mapování rozsahu členitých podzemních prostor. Téměř okamžitá prostorová orientace umožňuje in situ posoudit stav a navrhnout nezbytná opatření vedoucí ke stabilizaci důlních děl a objektů v nadloží. Nové metody mapování jsou aplikovány při sestavování účelových řezů a projektování stabilizačních opatření. Dále jsou využívány i k dokumentaci archeologických nálezů, geologické dokumentaci čelby, zaznamenávání rychlosti postupu ražby, dokumentaci průběžného provedení výrubu podzemního díla při činnosti prováděné hornickým způsobem na lokalitě.

*Ing. MARTIN ŠEFRNA,  
martin.sefrna@geotechnika.cz,  
SG Geotechnika a.s.*

Recenzoval *Reviewed by:* doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

Assessment of trial drilling in these conditions will be done over the duration of the year 2025.

## CONCLUSION

Intensive usage of road I/18 along the stretch of the Příbram through road across Březové Hory verified after more than 20 years after its reconstruction and rehabilitation of the undermined subsoil section the effectiveness of the performed rehabilitation works and the purposefulness of expended funds. Throughout the whole period, no mine workings have manifested themselves on the surface, neither in the form of road surface settling or safe usage endangerment. On the J. A. Alis Square, where no preventative rehabilitation works of the undermined sections were carried out, an inbreak near the St. Vojtěch church happened in 2022, in which case there are similar mine-geology conditions as in the surface of the rehabilitated road.

At the Horní Slavkov development location, where the custodian of the mine workings performs checks of the rehabilitated sections, no faults or other deformations of communications or surface objects in the overburden have also been found so far. Expertise from the Březové Hory district was therefore properly and effectively applied in the conditions of the Horní Slavkov uranium district. In locations without active measures, places of interests are outfitted with monitoring components for observation of the advancement of direct dislodging processes to the surface in case of necessary realization of appropriate rehabilitation measures.

Whilst securing in difficult conditions of the uneven historic caving in the subsoil of the II/210 road in the Čistá tin region, apart from geodetic methods and speleological mapping even new methods of surveying and 3D mapping of the extent of the sectioned underground spaces are being used. Nearly instant spatial orientation allows in situ state assessment and essential measures planning, leading to the stabilisation of mine workings and objects in the overburden. New methods of mapping are applied during assembly of purpose sections and designing of stabilisation measures. Then they are used even for the documentation of archeological discoveries, geological face documentation, recording of the excavation advancement speed, documenting continuous mine workings face execution during activities carried out on location by a mining method.

*Ing. MARTIN ŠEFRNA,  
martin.sefrna@geotechnika.cz,  
SG Geotechnika a.s.*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] ŠEFRNA, M. *Geotechnický průzkum a sanace podloží silnice I/18 průtahem Březových Hor v Příbrami*. Praha: SG Geotechnika, 1999, 40 s.
- [2] ŠEFRNA, M. *Geotechnický průzkum a sanace podloží silnice I/18 průtahem Březových Hor v Příbrami*. Praha: SG Geotechnika, 2000, 38 s.
- [3] ŠEFRNA, M. *Zajištění stability kostela sv. Vojtěcha a Kovářské jámy – stabilizační práce propadu jámy, Příbram – Březové Hory*. Praha: SG Geotechnika, 2023, 46 s.
- [4] ŠEFRNA, M. *Eliminace projevů hornické činnosti na povrch, stabilizační práce Horní Slavkov*. Praha: SG Geotechnika, 2008–2017, 10x 38 s.
- [5] ŠEFRNA, M. Zajišťování historického dolu Jeroným z pohledu geotechnika. *Tunel*, 2023, roč. 32, č. 3, s. 44–54.
- [6] ŠEFRNA, M. a KOVÁŘ, J. *Soubor projektové dokumentace stavby Náprava škod způsobených dobýváním cínu na ložisku Čistá-Jeroným*. Příbram: Geomont, 2013, 128 s.
- [7] ŠEFRNA, M. *Zajištění propojení komplexů ODD-SDD3 dolu Jeroným na ložisku Čistá-Jeroným*. Praha: SG Geotechnika, 2024, 14 s.