

Geologická rizika těžby a jejich odraz v metodách geologického průzkumu a geologické dokumentace těžby na povrchových dolech SD a.s.

Ing. Karel Mach, Ph.D., Mgr. Roman Gramblička, Mgr. Tomáš Novotný

Severočeské doly, a.s., Bílina; Severočeské doly, a.s.; mach@sdas.cz, gramblička@sdas.cz, novotny.tomas@sdas.cz

Přijato: 18. 7. 2017, recenzováno: 17. a 21. 8. 2017

Abstrakt

V důsledku řady velkých havárií velkostrojů na lomu Bílina, způsobených sesuvy bloků jílovitých zemin v letech 2005-2011, byla na SD a.s. zavedena řada opatření vedoucích téměř k úplné eliminaci tohoto typu havárií. Opatření se mimo jiné odehrávala na poli získávání, interpretace a využívání geologických dat. Masivní zavedení nových a osvěžení starých klasických přístupů a metod podporovaných novými možnostmi digitálního zpracování dat a dalším vývojem podpůrných softwarových systémů vedly nejen ke zvýšení kvality poskytovaných výrobních podkladů, ale také k novým geologickým zjištěním.

Geological hazards of mining and their reflection in the methods of the geological survey and geological documentation of mining in the open pit mines of SD a.s.

In a consequence of a number of large accidents of bucket wheel excavators on the open-cast mine Bílina caused by to block slides of clayey rocks in 2005-2011 years, a series of precautions, leading to the elimination of this type of accidents has been introduced. These precautions, among others, were made at the field of geological data acquisition, its interpretation and practical using. Massive introduction of new methods and renewal of old classic approaches and methods with support of computer aided data processing together with further development of new software systems led not only to the enhancement of quality of working data for production purposes but also to new geological discoveries.

Geologische Risiken bei der Gewinnung und deren Reflexion durch geologische Untersuchungsverfahren und geologische dokumentationen des abbaues in Tagebauen des SD a.s.

Nach einer Reihe von ernsten Havarien von Großgeräten auf dem Tagebau Bílina, die durch Rutschungen der Blöcke toniger Gesteine in den Jahren 2005-2011 verursacht wurden, wurde in der SD a.s. eine Reihe von Maßnahmen getroffen, die zur fast vollkommenen Vermeidung derartigen Havarien geführt haben. Unter anderem fanden Maßnahmen zur Gewinnung, zur Interpretation und der Anwendung von geologischen Daten statt. Die massive Einführung neues und die Wiederbelebung alter klassischer Ansätze und Methoden, neue Möglichkeiten computergestützten Datenverarbeitung sowie auch die Weiterentwicklung von unterstützenden Softwaresystemen führte nicht nur zur Steigerung der Qualität der erstellten Produktionsunterlagen, sondern auch zu den neuen geologischen Erkenntnissen.

Klíčová slova: geologická rizika těžby, geologický průzkum, zpracování dat.

Keywords: geological mining hazards, geological survey, data evaluation, data processing.

1 Úvod

Těžba hnědého uhlí a skrývky v mostecké pánvi probíhá ve složitých geologických podmínkách. Předmětem těžby je především mostecké souvrství, konkrétně jeho tři části – lomské, libkovické a holešické vrstvy. V letech 2005-2011 proběhla na Dolech Bílina při těžbě uhlí i skrývky v rámci především holešických vrstev řada velkých havárií kolesových velkostrojů vedoucích k významným poškozením kolesového výložníku, včetně poškození kabiny obsluhy, a to i s ohrožením zdraví a života řidiče velkostroje. To následně vedlo k dlouhodobým odstávkám velkostrojů nutným k jejich opětovnému zprovoznění. Společnou příčinou těchto velkých havárií bylo sesutí velkých bloků jílovitých zemin na koleso. Bloky zemin se během sesutí nerozpadly, a tak na kolesový výložník velkostroje během sesuvu působilo náhle i několik bloků zemin dosahujících objemu až 100 m³ (obrázek č. 1a). Takové jednotlivé bloky mohly dosahovat hmotností přes 200 tun, takže jejich silové působení

na koleso velkostroje, případně kabinu velkostroje (obrázek č. 1b), vedlo k deformacím i robustních strojních součástí. Analýza příčin sesouvání takto velkých bloků zeminy v případech uvedených havárií vedla ke zjištění, že ve všech případech existoval geologický předpoklad oddělení sesutého bloku od masivu, a to diskontinuita masivu v podobě plochy tektonického zlomu nebo silně nakloněné vrstevní plochy. Geologické předpoklady byly také obvykle doprovázeny doplňujícími nepříznivými faktory na straně technologie a organizace těžby. Zejména šlo o strmost těžební stěny, orientaci velkostroje vůči geologickým strukturám, výšku těžebního řezu a případně také zvodnění pláň před velkostrojem a další méně významné faktory. Hlavním důvodem pro znásobení počtu takových havárií v uvedeném období oproti minulosti byla zejména postupná změna báňsko-technických podmínek těžby na lomu Bílina. Důl postoupil do hlubších partií (výška odtěženého nadloží přesáhla 200 m) s větším stupněm diageneze (zpevnění) jílů.



Obr. 1: Příklady velkých havárií způsobených blokovými sesuvy na lomu Bílina.

(1a) koleso K2000/101 zavalené bloky jílu sesutými po zlomové ploše viditelné v levém horním rohu obrázku, 1b) zavalená kabina velkostroje KU300/71 při sesuvu bloku ze zlomu Viktoria (plocha zlomu před velkostrojem)

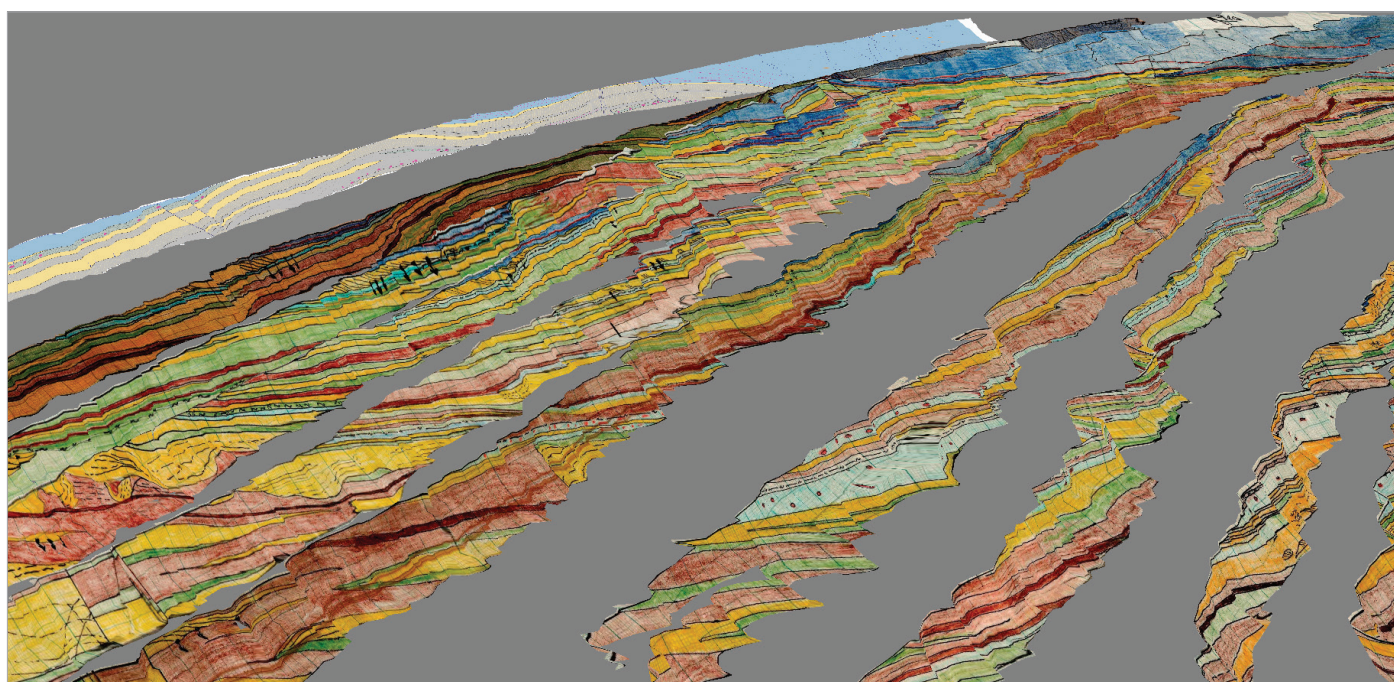
Veškerá těžba skrývky a později i uhlí se také začala odehrávat výhradně v oblastech panenské sloje, tedy tam, kde během historie neprobíhala hlubinná těžba. Zejména se to projevilo na spodních třech skrývkových řezech (5.-7.). Na lomu Bílina začal zhruba od roku 2000 kromě nejvýraznějšího bílinského zlomu na jižních svazích hrát také významnou roli zlom Viktoria, zasahující spolu s další doprovodnou tektonikou až do jižní třetiny lomu. Bloky oddělované od horninového masivu během sesuvů po geologicky příznivých plochách v minulosti nezpůsobovaly tak významné škody, protože materiál sesuvů, pokud už k sesuvu došlo, byl rozdrobenější vlivem předchozího porušení hlubinnou těžbou. Výše ekonomických ztrát a ohrožení zdraví a životů obsluhy velkostrojů po vstupu hlubších řezů lomu do oblasti neporušené hlubinnou těžbou byly impulsem pro zavedení souboru opatření, jejichž výsledkem bylo výrazné

snížení až vymizení havárií tohoto charakteru v následujících letech. Součástí řady technicko-organizačních opatření bylo také zavedení nebo zintenzivnění a úprava některých postupů geologického průzkumu a dokumentace hornické činnosti. Popis uvedené geologické metodiky a výsledky její aplikace jsou předmětem tohoto článku.

2 Metodika řešení

2.1 Geologicko-geotechnická analýza rizikových faktorů těžby

Existující souborná geologická literatura o mostecké pánvi, vycházející především z výsledků vrtných průzkumů 60. až 80. let 20. století [5,8], nedává mnoho vodítek, jak naměřená data interpretovat, protože se věnuje pouze výskytu těch

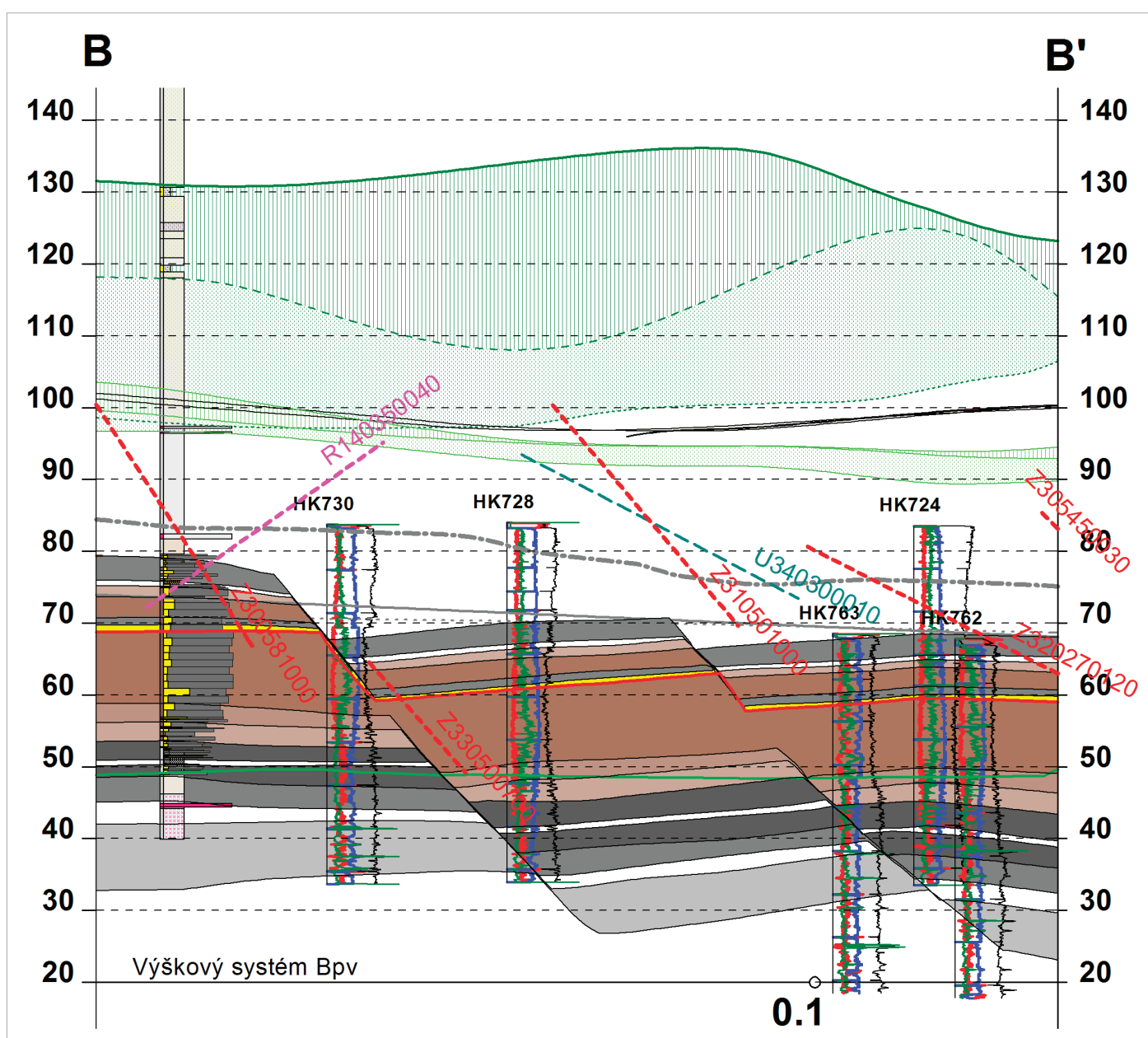


Obr. 2: 3D pohled na dokumentované stěny třetího skrývkového řezu lomu

největších zlomových struktur porušujících uhelnou sloj. Starší výpočty zásob na ložisku přinášejí ze strukturního hlediska výsledky naprosto nerespektující realitu pozorovanou ve stěnách velkolomů a jsou dokonce až zcela zavádějící. Příkladem je tzv. parketová tektonika J. Václa [15] realizovaná v dokumentaci výpočtu zásob na Velkolomu Maxim Gorkij (dnešní lom Bílina). Ta naprosto opomíjí výskyt synsedimentárních a diagenetických deformací sedimentárních jednotek, postupnou kompakci sedimentů a výslednou existenci ukloněných úseků sloje. Popisem výskytu zlomů v osecko-teplické části mostecké pánve na základě studia starých důlních map se již v roce 1964 zabýval Zelenka [16]. Detailnímu popisu zlomu Eliška na lomu Obránců míru se věnuje Brus s Hurníkem [2], a to jak z pohledu jeho zjištění v důlních mapách hlubinných dolů, tak z hlediska jeho dokumentace na výchozech. Měřením takzvané drobné,

zejména synsedimentární tektoniky přímo na lomu Bílina se také zabýval F. Kružík [4]. Je škoda, že jím používaná metodika nebyla dále rozpracována a aplikována v širším měřítku na lomech mostecké pánve. Publikované práce mladších autorů [10,11,12,14] opřené o konkrétní pozorování na výchozech v lomech mostecké pánve se mohly stát základem pro návrh komplexního řešení v úvodu popsaného problému. Nevýhodou mnohých publikovaných prací je jejich jednorázový charakter. Chybí jim dlouhodobé porovnávání dat zjištěných na výchozech s daty zjištěnými jinými způsoby. Výhodou je odhalování zákonitostí a hledání vhodné metodiky.

Vzhledem k problematičnosti starších informací o postupech zjišťování a rozboru tektonické stavby přímo na lomu Bílina a okolí a s ohledem na účel – zajištění bezpečnosti těžby,



Obr. 3: Geologický řez 1:1 se zobrazením měřených zlomů a následnou interpretací v modelu sloje. Severní část lomu Bílina, linie řezu viz obrázek č. 10. Oba subparalelní zlomy jsou důsledkem synsedimentárních deformací a lze je tak označit za růstové zlomy. V blízkosti zlomů je pro ověření situace použito zejména bezjádrových vrtů prezentovaných sadou křivek měření mechanických parametrů vrtní.

bylo potřeba postupovat téměř od nuly na základě vyhodnocení aktuálních možností a situace na lomu Bílina. Ve spolupráci s geotechnikem [3] byla provedena podrobná analýza všech dokumentovaných havárií způsobených sesuvem zemin na velkostroj. Protože žádná z havárií nebyla dominantně způsobena prostým sesuvem zemin vzniklým porušením jejich mezních pevnostních parametrů, byla speciální pozornost věnována nikoli geotechnickým parametrům zemin, ale přírodním diskontinuitám v masivu. To jsou zejména zlomy. V případě zlomů byla proto vypracována metodika jejich objektivní klasifikace z hlediska rizikovosti a navržen empirický systém jejich bodování ve vztahu k postupům velkostrojů v těžebních

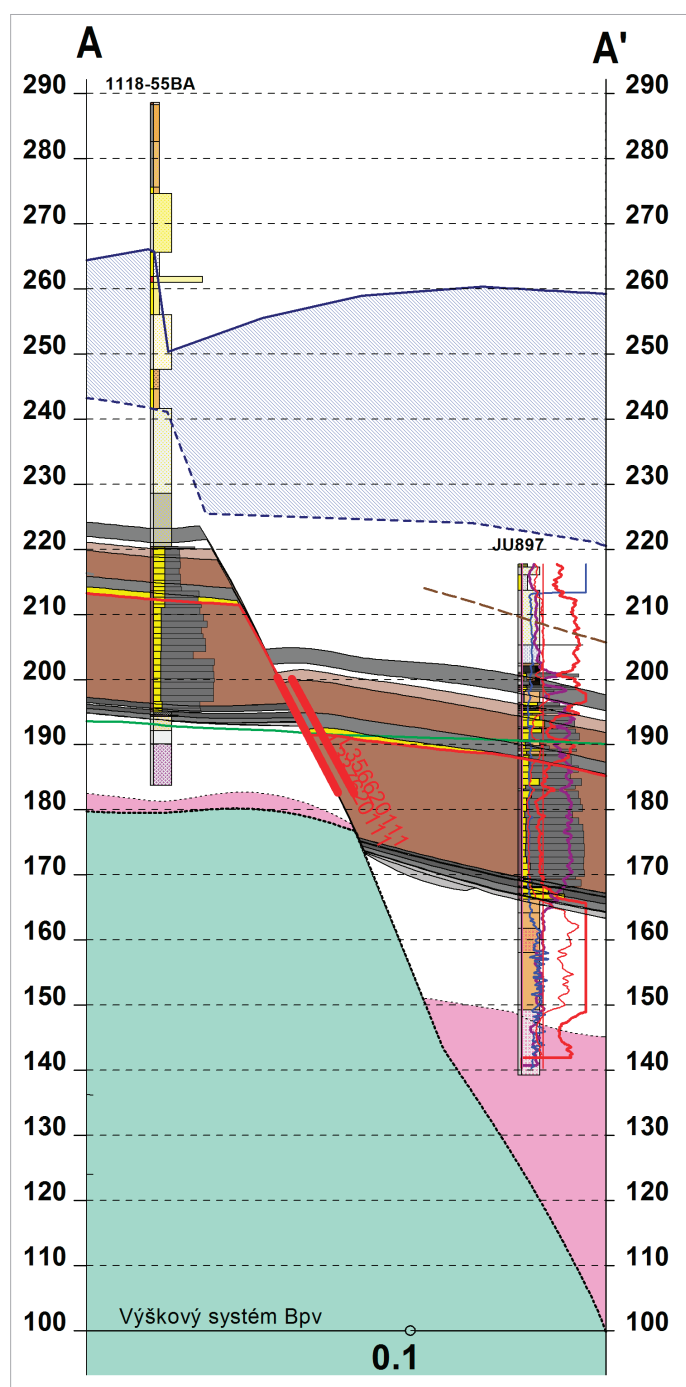
blocích. Rovněž byla zpracována studie potenciálně rizikových oblastí na lomu Bílina, a to v souvislosti s výskytem významných regionálních zlomů a morfologie hlavní sloje [9]. K analýze byly využity údaje z geologického modelu sloje a nadloží, z historických důlních map a také rozsáhlá dosavadní kresebná geologická dokumentace stěn řezů lomu Bílina vedená na lokalitě od r. 1981 [1]. Z obou studií vyplynuly úkoly pro geologické oddělení SD a.s. Dolů Bílina. Během několika let bylo geology na SD a.s. Doly Bílina postupně zavedeno zintenzivnění do té doby prováděné geologické dokumentace stěn řezů a rozběhl se intenzivnější vrtný průzkum se zaměřením na geologicky komplikované struktury. Strukturní prvky zjištěné ve vrtech se začaly zavádět do geologické databanky, začalo pravidelné měření tektonických prvků geologickým kompasem na výchozech v lomových stěnách. Byla provedena revize důlních map historických hlubinných dolů na území a v předpolí lomu Bílina. Vyhodnocování dat o výskytu zlomů a dalších porušeníh struktury masivu zjištěných ve vrtech, v důlních mapách i při geologické dokumentaci se díky rozvoji software DMT Atlas začalo uskutečňovat v jednom systému pomocí půdorysné situace, geologických řezů i 3D aplikace. Oddělení geologie bylo učiněno odpovědným za pravidelné provádění školení o geologických rizikových faktorech těžby pro obsluhu velkostrojů.

2.2 Zintenzivnění geologické dokumentace těžby

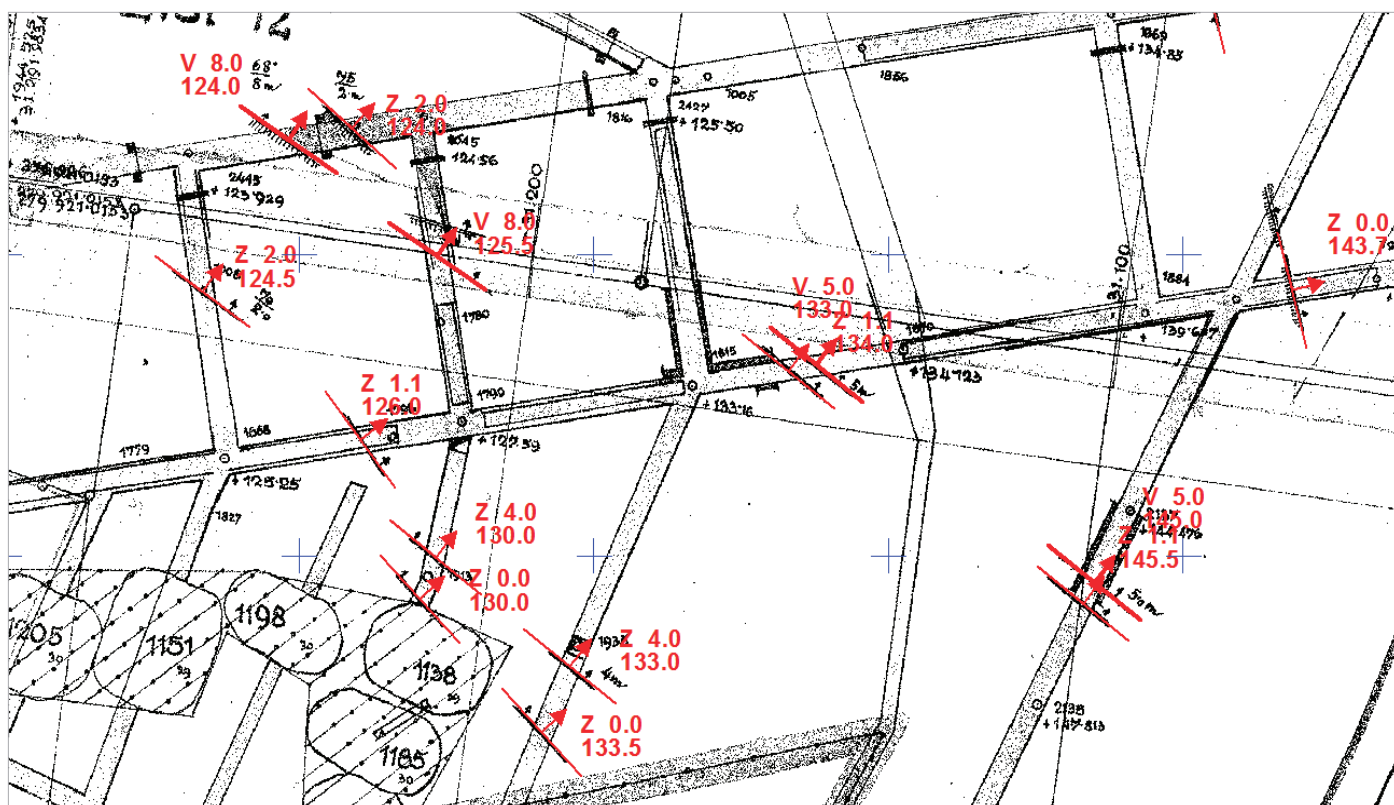
Nejpodrobnějším primárním zdrojem informací o struktuře těženého masivu je na lomu Bílina pravidelná kresebná (nově také fotografická) geologická dokumentace stěn řezů zavedená již v roce 1981 Z. Dvořákem [1]. Provádí se v měřítku 1:2 000 délkově a 1:1 000 výškově. Od samého počátku je vedena velmi pečlivě, pravidelně a systematicky. To znamená, že téměř všechny zaměřené stěny vzniklé na lomu těžbou skrývky a částečně též uhlí, na kterých bylo možno zakreslit litologii a geologické struktury, byly zakresleny. Zintenzivnění práce s existující a nově vznikající dokumentací představuje zejména její digitalizace. Ta následně umožňuje přesnou lokalizaci dokumentace v prostoru. Pomocí software DMT Atlas je pak možné dokumentované stěny řezů zobrazovat jako podklad pro tvorbu geologických řezů a při vytváření geologických prostorových modelů ve 3D pohledech (obrázek č. 2). Prakticky to znamenalo přejít k přesnějšímu GPS zaměření pozice kresby (dříve se dokumentující geolog na lomu orientoval podle polohy stojanů pasových dopravníků) a převedení finálního výkresu stěny do digitální podoby (dříve na milimetrový papír). Bylo také provedeno skenování a převod do 3D téměř veškeré dříve provedené kresebné dokumentace. Obdobným způsobem byl od r. 2013 celý systém geologické dokumentace modifikován na Dolech Nástup v Tušimicích.

2.3 Intenzivnější vrtný průzkum se zaměřením na geologicky komplikované struktury

Od roku 2007 byla na lomu Bílina testována metoda bezjádrového vrtání se zápisem technických parametrů vrtání [7]. Prvotním impulsem pro zavedení metody byla snaha levně vyřešit problém průzkumu a vyhledávání pevných poloh (hlavně těles pískovců), které nebyly těžitelné kolesovými velkostrojmi. Ukázalo se, že metodu lze díky nízké ceně za metr



Obr. 4: Geologický řez 1:1 se zobrazením měřených zlomů a následnou interpretací v modelu sloje. Prostor Bílinského zlomu, linie řezu viz obrázek č. 8.



Obr. 5: Příklad výseku důlní mapy hlubinného dolu Venuše v předpolí lomu Bílina s vyznačenými interpretovanými zlomy. Číselné hodnoty u značek zlomů představují úhel úklonu (nahore) a výškovou kótu průsečíku zlomu s chodbou.

vrtání, vysoké rychlosti vrtání a dodávky dat k vyhodnocení geologem a díky možnostem vyhodnocení v DMT Atlas velmi dobře aplikovat i na upřesňování geologických struktur. Potenciálně riziková struktura se dopředu prozkoumá řádově hustší vrtovou sítí, než je při průzkumu na lomu obvyklé. Běžný rozstup technologických jádrových vrtů dosahuje 150-200 m, v místech komplikované stavby je možno pomocí bezjádrové technologie dosáhnout rozstupu vrtů 20-50 m. Interpretace křivek rychlosti postupu vrtné hlavičky, změn přítlaku, krouticího momentu a celkové energie během vrtání umožňuje v některých případech tektonické porušení přímo identifikovat jako úseky neobvykle nízkého odporu vrtání [7]. V jiných případech lze identifikovat doprovodné geologické struktury – změny úklonů vrstev, nezvyklé litologické přechody vrstev (obrázek č. 3).

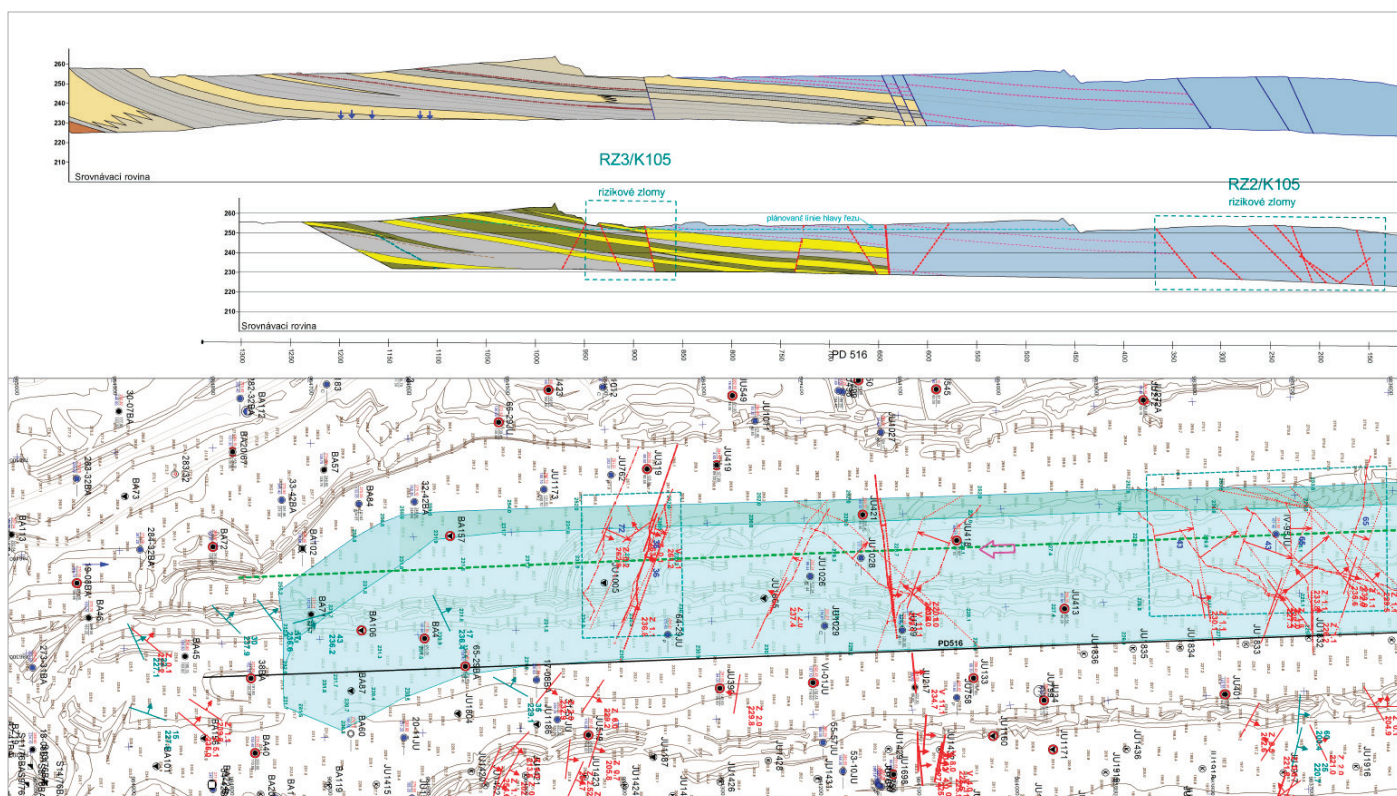
2.4 Zavedení zjištěného porušení v jádrových vrtech do geologické databanky

Geobanka je dlouho používaný software na uchovávání a zpracování dat o vrtech ve všech důlních společnostech severozápadních Čech. V rámci vývoje nové SQL verze Geobanky na SD a.s. byla vytvořena nová tabulka, ve které je soustřeďována hloubková informace o zjištěných strukturních jevech ve vrtném jádru. U každého vrtu jsou separátně od litologického popisu kódovány zjištěné úklony vrstev, výskyt ohlazů, drcené a proklouzané úseky jádra s konkrétními číselnými parametry. I když z povahy vrtného jádra vyplývá nemožnost zjistit orientaci (směr úklonu) dotčeného tektonického prvku, ve spojení s dalšími produkty geologické dokumentace umožňuje provádění interpretace průběhu zlomů, zejména na geologických

řezech.

2.5 Zavedení zjištěného porušení v jádrových vrtech do geologické databanky

Klasická metoda geologického mapování, která patří mezi zcela základní metody geologického zkoumání Země, byla donedávna používána pouze ve výjimečných případech v rámci speciálních studií nebo diplomových prací [4,10,11,14]. Většina geologických kompasů, kterými byla geologická oddělení standardně vybavena, ležela v zásuvkách psacích stolů geologů. Dokumentace zlomů byla prováděna jinými metodami, většinou bez konkrétních číselných výstupů. Některé zlomy, zejména ty, na kterých byly významné vertikální skoky, byly dokumentovány pro účely počítačového modelování průběhu sloje pomocí běžných měřických technik (tachymetrie, GPS atd.). V případě používání výše popsané metody kresebné dokumentace byly zaznamenávány víceméně jen průběhy zlomů v dokumentované stěně, tedy jejich průsečík s povrchem; výjimečně bylo provedeno i měření základních parametrů zlomů, ale skončilo to u jeho zaznamenání v dokumentaci. Aplikace metody na SD a.s. (doly Bílina od r. 2009, DNT od r. 2013) spočívá v systematickém měření tektonických prvků geologickým kompasem kdekoli je to možné při souběžném měření polohy místa měření pomocí přesné GPS. Data jsou následně ukládána do tabulky MS Excel a odtud exportována do souboru typu *.csv, který je importním systémem pro navazující zobrazovací a vyhodnocovací systémy DMT Atlas a KVAS. V systému DMT Atlas jsou data přímo používána k zobrazení tektoniky v geologických mapách, řezech (obrázek č. 4) a 3D aplikacích. Součástí měření je zaznamenávání úklonu a směru úklonu zlomu nebo



Obr. 6: Výřez části pasportizačního řezu pro velkostroj KU105, druhý skryvkový řez lom Bílina. Horní část představuje dokumentovaný stav stávající stěny řezu, pod ní je zobrazen řez středem těžebního bloku, dole se nachází mapová část s vyznačením stavů terénu, zlomů, vrtů, geologicky rizikových zón a linie řezu.

vrstevnatosti, vertikální posun na zlomu, typ zlomu, mineralizace, případné rýhování, jeho směr a úklon. V databázi se dále uvádí měřený nebo odhadovaný výškový a horizontální dosah zlomu při nezměněných hlavních parametrech měření. Z hlediska dokumentujícího geologa se jedná o činnost odborně i fyzicky velmi náročnou. Z níže i výše uvedených metod jde ale o práci, která přináší ta nejdůležitější data při nejmenších nákladech.

2.6 Revize hlubinných důlních map na území i v předpolí lomu Bílina

Jak již bylo zjištěno a využito Zelenkou [15] a Brusem s Huríkem [2], historické důlní mapy hlubinných dolů jsou vynikajícím zdrojem vědomostí o výskytu zlomů zejména ve sloji. Při ražbě důlních děl je lokalizace zlomových struktur klíčovým zjištěním pro bezpečnostní opatření a stabilizaci stěn důlních chodeb. Výskyt zlomů se skoky navíc silně ovlivňoval způsob ražby samotné a průběh chodeb i omezení vlastní těžby. Oblast působení lomu Bílina zasahuje bývalá dobývací pole několika hlubinných dolů, které zde působily od začátku minulého století až téměř do jeho konce (Mír, Venuše, Kohinoor, Alexander). Podle pravidel důlně měřické dokumentace byly tektonické poruchy zaznamenávány do důlních map, a to velmi často nejen jako prosté orientované značky, ale také často s uvedením parametrů úklonu a případně vertikální amplitudy posunu na zlomu. V předpolí uhelných řezů na lomu Bílina sice v současné době převažuje pilíř, nicméně i zde byly raženy a z hlediska výskytu tektoniky dokumentovány přípravné chodby. Jihozápadně a západně od momentálně skrývané

části DP Bílina pilíř navazuje na intenzivně rubaná dolová pole hlubinných dolů Venuše a Kohinoor, kde je rovněž údajů o tektonických zlomech dost (obrázek č. 5). Tyto údaje zjištěné v důlních dílech v uhelné sloji díky svému přesnému zaměření (včetně výškového) mohou velmi dobře sloužit k predikci polohy a průběhu zlomů i v nadloží sloje, zejména když se provede jejich digitalizace a umožní se jejich společné zobrazování a interpretace v geologických řezech, na mapách a v 3D aplikacích s ostatními daty. Na lomu Bílina byla proto provedena detailní revize dostupných historických důlních map spojená s digitalizací zjištěných zlomů. Digitalizovány byly přednostně značky zlomů s popsáním údajů o amplitudě a úklonu. Při absenci popisu byla některá data doplňována na základě podobnosti s okolními údaji nebo fiktivními daty vysoké pravděpodobnosti. I v případě použití fiktivních dat je údaj užitečný, neboť minimálně informuje o existenci zlomu v daném bodě v prostoru a kromě toho je z důlní mapy vždy jasný směr, směr úklonu a výšková poloha zlomu v místě jeho průchodu důlním dílem. Digitalizace umožnila zlepšit predikci komplikovaných tektonických struktur v předpolí dolu a lépe tak směřovat další průzkumné práce, zejména vrtný průzkum. Postupným přibýváním měření pořizovaných přímo na odkryvech v lomu tato data budou konfrontována s realitou a upravovány jejich parametry nebo nahrazovány povrchovými měřeními. Digitalizace zlomu do podoby prostorové obdélníkové plochy umožňuje jeho následné řezání pod libovolným úhlem. Na řezech se tak zlomy zobrazují s úklonem odpovídajícím průběhu plochy řezu.

2.7 Vyhodnocování dat o výskytu zlomů a dalších porušení struktury masivu

SD a.s. dlouhodobě používají a dále podporují vývoj geologických aplikací software DMT Atlas. Díky systematickému vývoji tohoto software reagujícímu na vyvíjející se potřeby dolů se daří soustřeďovat, vyhodnocovat a do podoby výstupů zpracovávat data všech výše uvedených produkovaných typů v jednom systému. Děje se to jak v podobě tvorby databáze primárních vrtných dat (SQL Geobanka), tak při společné interpretaci vrtných dat s rastrovými daty, digitálními modely a údaji o měření zlomů v geologických řezech a 3D aplikaci. Tím, že je možno veškerá pořízená data společně zobrazovat a vyhodnocovat, je také možné přímo na jejich výskyt v prostoru reagovat při řešení geologických modelů sloje i nadloží a vše následně uplatnit při tvorbě kresebných výstupů potřebných při prezentaci výrobních podkladů. Takovými výrobními podklady jsou rozmanité mapy, geologické a speciální pasportizační řezy (obrázek č. 6) a digitálně distribuované modely sloje a nadloží.

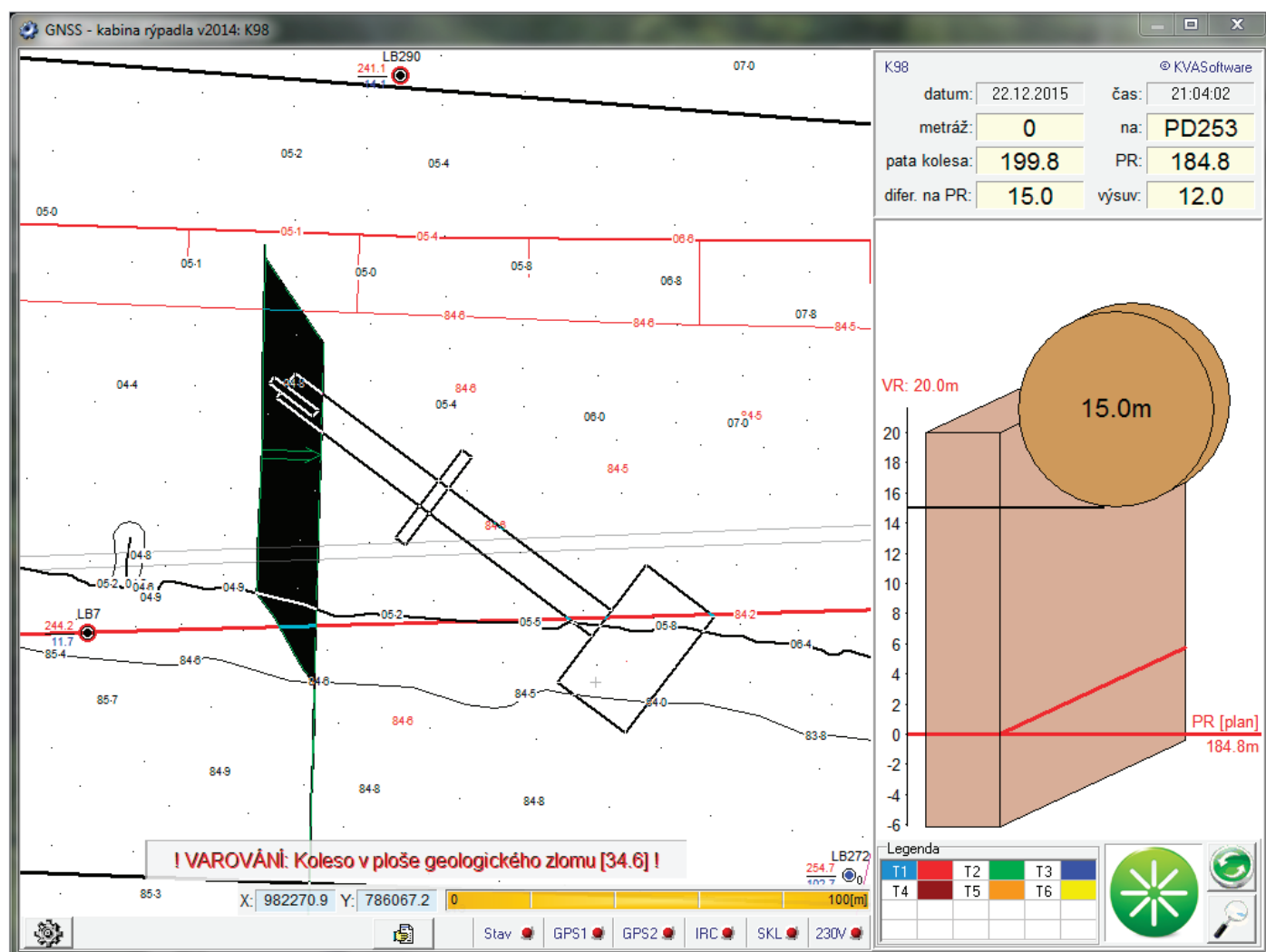
2.8 GPS systém na velkostrojích

Data o měření tektonických zlomů a úklonu vrstev jsou připravována a následně spolu s ostatními daty (geologický model sloje, poloha vrtů atd.) exportována do programového systému KVAS KABINA, který ve spolupráci se dvěma anténami GPS

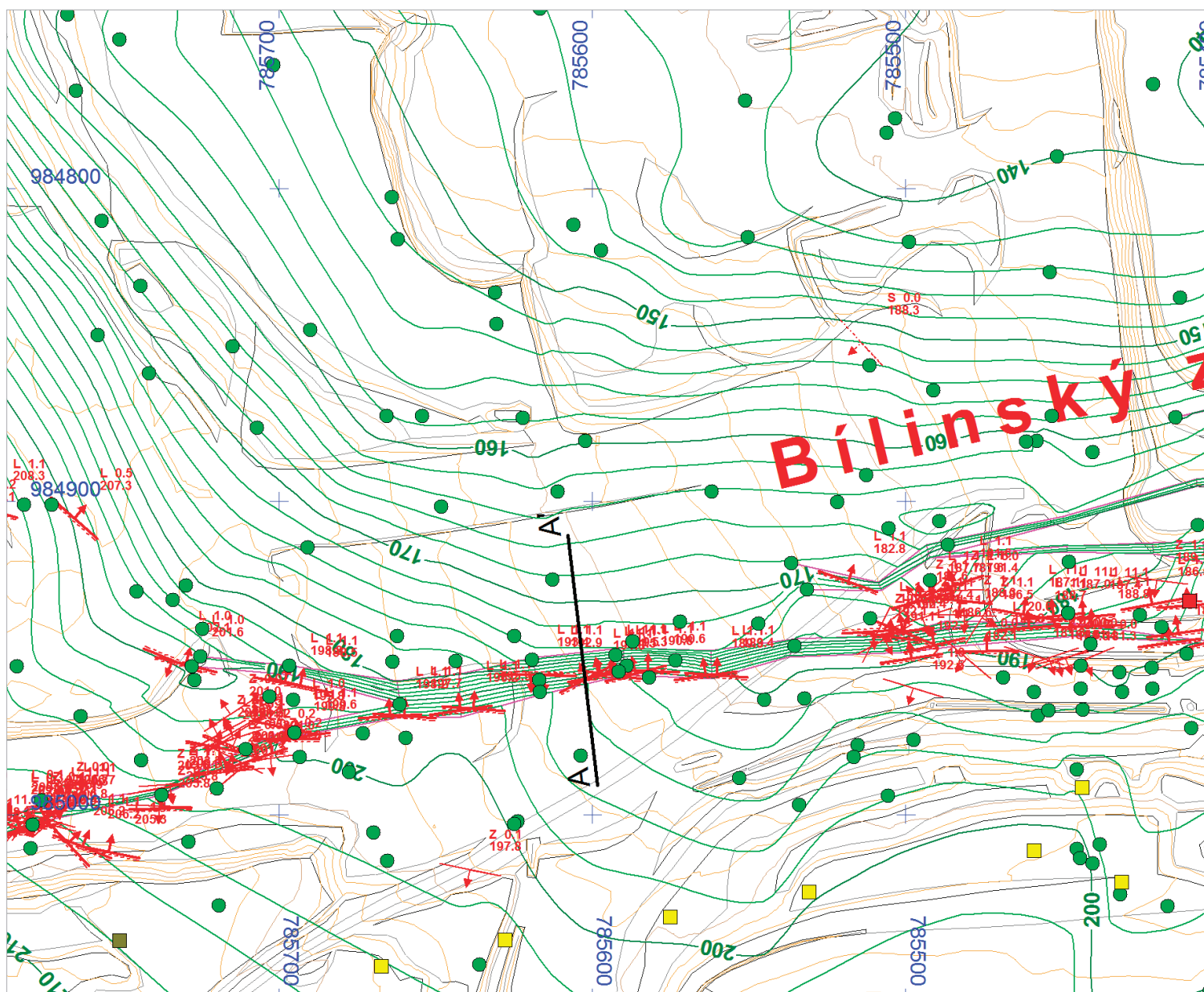
na velkostroji zabezpečuje jejich on-line využití přímo řidičem velkostroje během těžby [13]. Řidič velkostroje na monitoru svého počítače nově vidí nejen mapu postupu s výskytem vrtů a aktuální polohu kola velkostroje nebo místní profil těženým ložiskem, ale také předem vytipované rizikové zóny z hlediska geologických faktorů a jednotlivé zlomy, resp. jejich průsečíky se stávajícím terénem a plánovaným postupem. V případě, že dotyčný zlom svojí orientací a polohou dosáhne rizikových parametrů vůči kolesu velkostroje, řidič je na to programem upozorňován (obrázek č. 7). V geologicky rizikových zónách se obsluha velkostroje musí řídit podle pravidel, která jsou upravena speciálním řídicím dokumentem SD a.s.

2.9 Školení obsluhy velkostrojů orientované na geologické rizikové faktory těžby

Geologické oddělení zabezpečuje pravidelné školení řidičů velkostrojů, které má za úkol vysvětlit příčiny a řešení geologických rizik během těžby, posilovat schopnost obsluhy velkostrojů v praktickém používání dodávaných geologických podkladů, a to jak papírových (pasportizační řezy postupy rypadel – obrázek č. 6), tak digitálních (GPS aplikace systému KVAS – obrázek č. 7). Školení je také dobrou příležitostí pro zpětnou vazbu geologie a výroby.



Obr. 7: Mapa na počítači řidiče velkostroje při signalizaci přiblížení kola k rizikovému zlomu. Plocha zlomu v těženém bloku je zvýrazněna černým kosodělníkem.



Obr. 8: Řešení řady měření zlomů a vrtných dat na modelu sloje (zelenými vrstevnicemi zobrazen modelový horizont poblíž paty sloje) v oblasti Bílina (zelená kolečka).

3 Výsledky

Několikaleté hodnocení geologických rizik na lomu Bílina přineslo snížení počtu velkých havárií způsobených sesuvy velkých bloků jílovitých zemin téměř na nulu. Soustavné získávání geologických dat - provedení téměř 2 500 měření tektonických prvků na DB a 700 na DNT, znásobení objemu vrtných prací a intenzifikace geologické dokumentace vrtů i vlastní těžby, včetně jejich následného využití ve výrobních podkladech, vedlo také k lepšímu pochopení struktury ložisek. Posunulo se hlavně chápání vlivu a rozsahu ovlivnění struktur ložisek tektonickými deformacemi. Zvýšená snaha při řešení samotného problému vedla k urychlení vývoje počítačových aplikací používaných při sběru a vyhodnocování geologických dat. To zároveň pomohlo v řešení řady jiných geologických úkolů na obou dolech. Geologické postupy vyvinuté v podmínkách lomu Bílina jsou postupně aplikovány na podmínky lomu Libouš II Sever (DNT), a naopak některá zjištění a praktické zkušenosti

z lomu Libouš dávají možnost podobně řešit i složitější geologické problémy na lomu Bílina.

Vysoká hustota měření strukturních prvků na lomech odhalila fakt, že ani tak významné regionální zlomy jako je bílinský zlom, zlomy Viktoria nebo Centrum, s vertikálními amplitudami kolem 20-30 m v uhelné sloji, nelze vždy v mapové dokumentaci v miocenních usazeninách vykreslovat jako spojitě struktury. Tyto zlomy představují místy složitý komplex drobných zlomů jen v souboru přibližně dodržujících generální směr velkého zlomu. Původně konstruované obloukovitě se měnící linie těchto velkých zlomů jsou ve skutečnosti spíše kostrbatými složeninami z řady drobných zlomů a v samotné miocenní pánevní výplni spíše představují zlomové zóny než jednoduché zlomy. Dochází ke kulisovitému uspořádání více drobných poklesů místo jednoho velkého, ke štěpení a mnohonásobnému odsakování hlavních zlomů na zlomech šikmých k hlavnímu směru, oddělených, tzv. předávacími rampami (relay



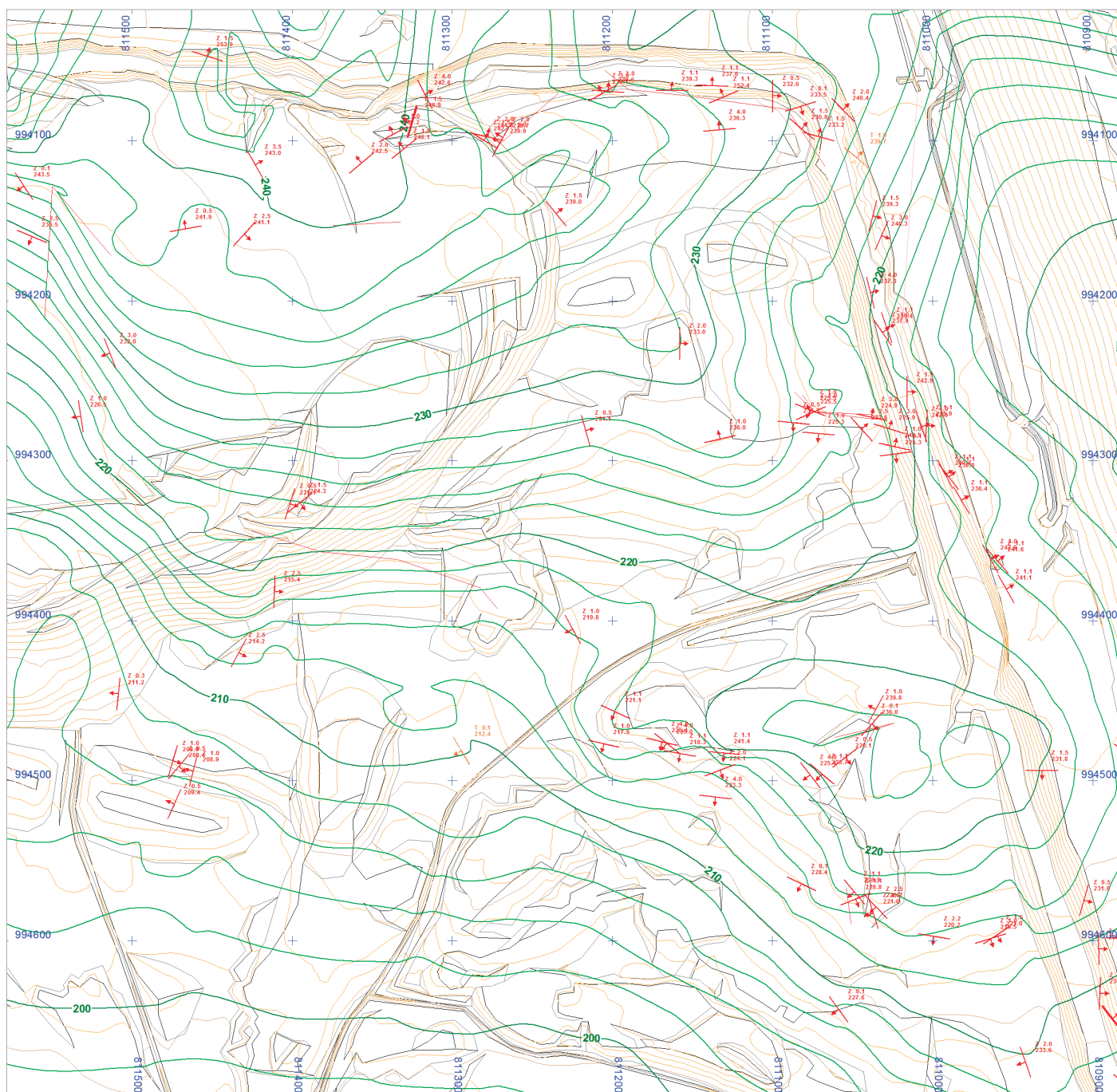
označit za zlomy diagenetické, resp. zlomy podmíněné kompakcí sedimentů.

Měření také, zejména na lomu Bílina, zachycují růstové zlomy. Jde o zlomy, které vznikaly během sedimentace v miocénu. Obvykle je jejich dosah omezen jen na sedimentární jednotku, ve které vznikaly, případně na část usazenin starších, včetně uhelné sloje. Dosud byly tyto jevy popsány především v rámci holešických vrstev. Pojem růstový zlom (z anglického „growth fault“) definoval v české geologické literatuře Uličný et al [14] a dal tak jméno historickým, tzv. obloukovým deformacím pozorovaným v rámci mostecké pánve v uhelné sloji i nadloží [6]. Měření růstových zlomů v nadloží pomáhá kromě popisu nadloží také interpretovat řadu anomálií ve vývoji vlastní uhelné sloje. U těchto zlomů byl potvrzen geneticky podmíněný obloukový průběh, a to jak v plánu, tak v řezu. Jde tedy o zlomy listrické. V případě těchto zlomů, které vznikaly ve víceméně plastickém prostředí, je tedy na rozdíl od tektonických

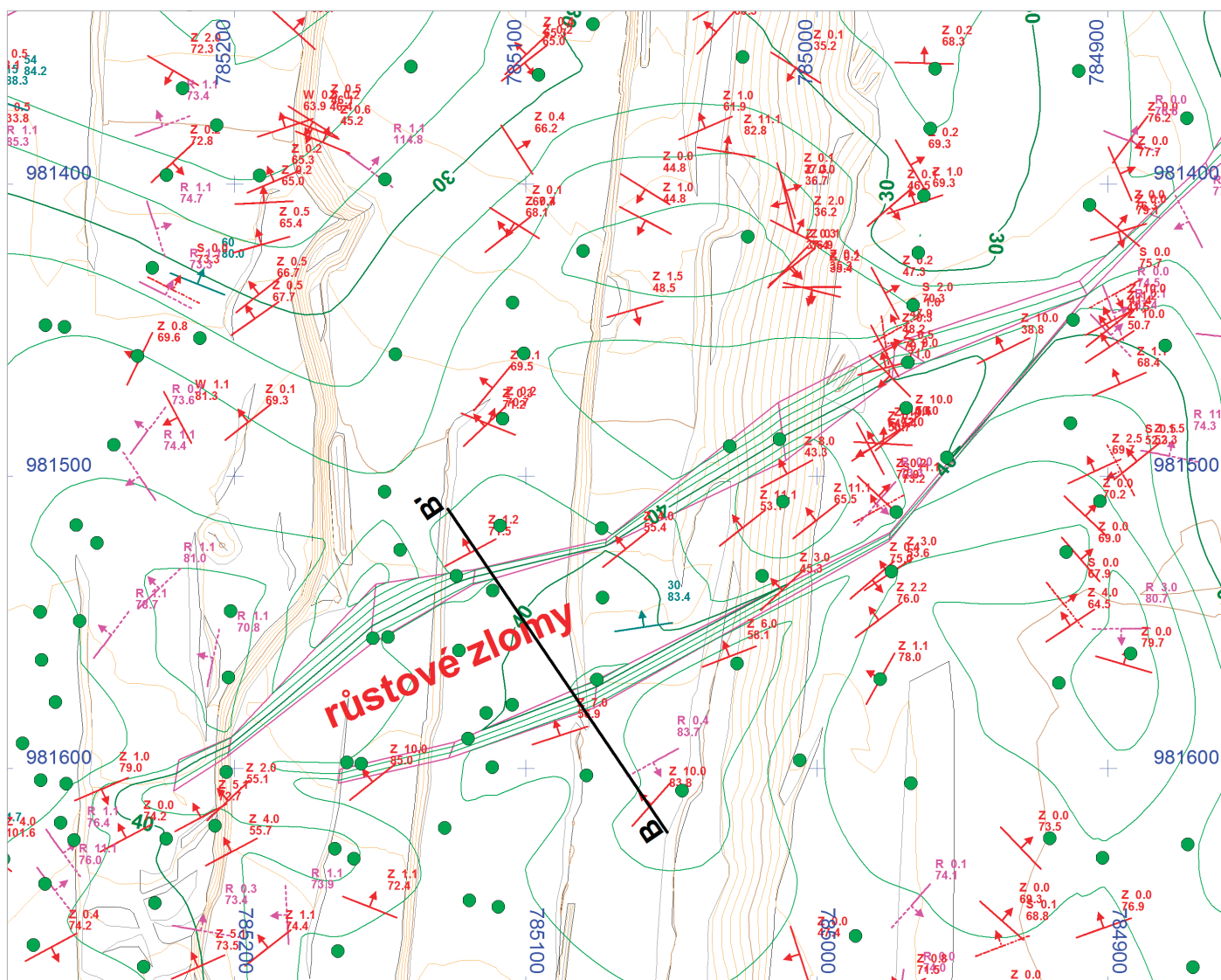
zlomů spojování do souvislých oblouků a křivek velmi častým a správným řešením (obrázek č. 10). Nejvíce růstových zlomů se na lomu Bílina objevuje v intervalu zhruba od stropu sloje 100 m směrem do nadloží a jsou spjaty s výskytem synsedimentárně deformovaných písčitých těles enormních mocností a anomálních úklonů vrstevnatosti. To odpovídá dříve zjištěným údajům [1,6] a modelům vzniku synsedimentárních deformací [6,10]. Je to dáno tím, že jejich výskyt je spojen se stlačováním cca 200 m mocné vrstvy rašeliny – prekursora dnešní uhelné sloje. Když se nakupilo více jak 100 m nadložního sedimentu, kompakce sloje se výrazně zpomalila a hlavní příčina vzniku výrazné synsedimentární tektoniky pominula. Výše v profilu se již vyvíjely synsedimentární deformace podstatně menšího

rozsahu. Odlišení synsedimentárního charakteru zlomu tedy hraje důležitou roli v jeho následné interpretaci a způsobu propojování jednotlivých měření v mapách, řezech a modelech.

V zónách intenzivního větrání, způsobeného kvartérním výskytem až 30 m hlubokého promrzání (permafrostu) během dob ledových, se sice zlomy místy při včasné dokumentaci podaří zjistit, ale v tomto případě, zahrnujícím zhruba první dva skrývkové řezy obou lomů, je skrývkový materiál tak intenzivně porušen, že sesouvání velkých bloků zde nehrozí. Za to jsou zde na denním pořádku sesuvy geotechnicky nestabilního materiálu. Těžební svah vytvářený velkostrojem zde nemá šanci se udržet často ani několik hodin. Stabilita svahu je



Obr. 9: Situace měření ve sloji v severozápadní části lomu Libouš (tzv. hlavní porubní fronta) ukazuje převažující výskyt zlomů vzniklých během diagenese – sedání uhelné sloje na elevaci oligocenních vulkanických útvarů v podloží sloje. Většina zlomů se vyskytuje v místech nejprudších svahů elevace podloží.



Obr. 10: Řešení řady měření zlomů na modelu sloje (zobrazen slojový horizont poblíž paty sloje) v podobě dvojitého růstového zlomu. Severní část lomu Bílina. V okolí zlomů je zřejmé výrazné zahuštění vrtné sítě (zelená kolečka) a to zejména bezjádrovými vrty.

zde definována nikoli geologicky predisponovanými plochami v podobě zlomů nebo vrstevních ploch, ale mezními parametry pevnosti zemin. To zároveň značně komplikuje zaznamenání geologické situace na těchto řezech, včetně zlomů.

Pokud jde o vertikální distribuci zlomů, celkově bylo zjištěno více zlomů v hlubších pevnějších zeminách, kde je pravděpodobnější vznik křehkého porušení a zeminy za sebou mají o něco delší historii. Např. na lomu Libouš II Sever je pravidelně nejvíce zlomů měřeno ve spodní části druhého a ve svrchní části třetího skryvkového řezu. Směrem do uhelné sloje pak velká část zlomů vyznívá. Oproti skryvkovým řezům jsou zlomy v uhelné sloji o něco průběžnější a lépe se u nich daří napojování na měření v předchozím postupu velkostrojů. Zlomy v nadloží vykazují větší nestálost jak ve směru, tak i v úklonu. Přes významnost bílinského zlomu je momentálně na lomu Bílina nejpodstatnější tektonickou strukturou více méně propojený systém zlomové zóny Viktoria – Centrum. Tyto zlomy jsou obvykle na mapách malovány odděleně, ve skutečnosti jde ale vlastně o jednu složitou strukturu.

4 Diskuse a závěr

Zavedení řady nových a aplikace některých zapomenutých či opomíjených metod vedly spolu s dalšími opatřeními na lomu Bílina k požadovanému snížení výskytu havárií velkostrojů způsobených kombinací geologických faktorů s technickými. Geologická data jsou primárním podkladem pro výrobní dokumentaci a vodítkem pro řešení rizikových situací. Geologie je na začátku řetězce operací, které lze dále rozdělit do tří kroků. Prvním krokem je identifikace rizik a řešení těch největších již ve stadiu přípravy výroby – při projektování postupů velkostrojů. V druhém kroku je potřeba přizpůsobit postup vlastní těžby tam, kde se rizika nepodařilo zcela odstranit v kroku prvním. Tady je na řadě soubor pravidel těžby v tzv. geologicky rizikových zónách, především těžba s lávkováním s odstupky, snaha o zajištění co nejmenšího sklonu vytvářeného svahu, zajištění odvodnění předpolí postupu velkostroje, pravidelné kontroly bočních svahů nebo těžba s trvalým dozorem. V krajním případě může nastat i řešení snižování řezu před velkostrojem jinou těžební technologií nebo nasazení trhacích prací za účelem předběžného rozdrobení masivu. Pokud přes

všechna opatření k havárii dojde, spouští se třetí krok, a tím je důkladná dokumentace vzniklé situace a jejího průběhu. Je otázkou, do jaké míry je aplikace uvedeného souboru opatření nutná nebo použitelná na jiných lomech v rámci těžby hnědo-uhelných ložisek v severozápadních Čechách. Podmínky lomu Bílina jsou totiž v řadě ohledů extrémní. Na ostatních povrchových dolech hloubka většinou nedosahuje ani poloviny hloubky lomu Bílina, takže těžený masiv tam nedosahuje takové míry zpevnění zemin a tudíž ani takové míry křehkého porušení jako je to běžné na Bílině. Na lokalitě Libouš II Sever (DNT) je křehké porušení skrývkových zemin i sloje sice velmi časté, ale polovina profilu skrývky těžené zde třemi řezy je tvořena rozpadavými zeminami postiženými působením permafrostu během posledních ledových dob v kvartéru. Podmínky jsou zde tak plně srovnatelné s prvními třemi řezy na lomu Bílina a blokové sesuvy zemin se zde vyskytly téměř výhradně na nejnižším skrývkovém řezu a při těžbě uhelné sloje. I tady však došlo k sesuvům velkých bloků zemin, proto aplikace řady přístupů z lomu Bílina zde má místo. Zejména v budoucnu, kdy lom postoupí do prostoru výšiny Farářka, dojde k posunutí rozpadavých částí nadloží na vyšší úroveň a pevné sesouvající se bloky budou hrozit i na druhém řezu.

Zdánlivě čistě technický přístup vyvolaný požadavky výroby přinesl řadu nových geologických poznatků, neboť intenzita geologické dokumentace jak samotných stěn řezů, tak vlastních zlomových struktur - tak jak je prováděna na lokalitách SD a.s., v historii povrchové těžby uhlí v mostecké pánvi zatím nebyla dosažena. Bylo ověřeno chování geneticky různých zlomových struktur v prostoru a podle toho upravena jejich interpretace v geologických modelech, mapách a řezech.

Aplikace zjištění z měření zlomů vede k upřesňování geologických modelů sloje. Při nižších úhlech úklonu zlomových struktur, které většinou představují prosté poklesy vzniklé extenzí v daném místě, má způsob interpretace zlomu v digitálním modelu sloje vliv na výsledky výpočtu zásob. U velmi strmých zlomů například není podstatné, zda v modelu geolog nahradí zlom zjednodušením v podobě flexury – výsledek výpočtu zásob je víceméně shodný. V případě výrazněji ukloněných zlomů s amplitudami od několika metrů výše je ale již zřejmé, že poklesovým posunem bloku vzniká v místě zlomu oblast se sníženou mocností sloje, případně přímo bezslojný úsek, pokud je amplituda posunu větší jak mocnost sloje. Takový případ prostá flexura nedokáže adekvátně popsat a je potřeba jej nahradit detailnějším zpracováním (obrázek č. 3, 4).

Detailní zaměření zlomových struktur v dlouhodobě geotechnicky exponovaných místech dolů, jako jsou například boční nebo závěrné svahy dolu, umožňuje také lépe projektovat trvalá nebo přechodná stabilizační opatření a předpovídat chování masivu v okolí těchto struktur.

Systematická měření na lomu Bílina i zpracování dokumentace stěn a starší dokumentace hlubinné těžby, stejně jako některé starší práce ukázaly, že interpretace tektonických jevů se nemůže omezit na primitivní řešení výškových rozdílů v uložení sloje v podobě tektonických bločků pohybujících se během geologického vývoje masivu různými rychlostmi ve vertikálním směru [15]. Naopak práce vycházející z pozorování a měření na lomech mostecké pánve a interpretace geofyzikálních dat společně s daty sedimentologickými je dobrým

metodickým vodítkem [12] a poskytuje velmi dobrý základ pro vytvoření podrobnějšího tektonického modelu vzniku mostecké pánve.

Geologické zpracování všech pořízených geologických dat na SD a.s. není u konce. Je potřeba jak měření samotná, tak jejich následnou analýzu dovést do stadia vývojové strukturní analýzy, jejímž výsledkem by měl být popis tektonického vývoje mostecké pánve, historie napětových stavů a následných pohybů, případně na to navazujících sedimentárních procesů. Pouze soustavná dokumentace na otevřených lomech mostecké pánve může vést k úspěšnému řešení tohoto úkolu. Předpovídání výskytu tektonických struktur v předpolích lomů naopak pomůže například využití seismické metody, jejíž nasazení SD a.s. ve variantě 3D již vyzkoušely a budou ji nadále aplikovat. Geologické oddělení SD a.s. děkuje kolegům a managementu z lokalit Hrabák a ČSA, že dokáží být nápomocni s prováděním těchto měření i na těchto lokalitách.

Literatura

- [1] DVOŘÁK, Z., MACH, K.: Deltaic deposits in the North Bohemian Brown Coal Basin and their documentation in the Bílina opencast mine. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 4/1999, 633-641, Praha. 1999.
- [2] BRUS, Z., HURNÍK S.: Směrný zlom Eliška a jeho mineralizace na povrchovém dole Obránců míru v severočeské hnědouhelné pánvi. *Časopis pro mineralogii a geologii* 32/2, Praha. 1987.
- [3] HORÁK, L.: Návrh klasifikace tektonických zlomů z pohledu jejich rizikovosti pro postupy kolesových velkorýpadel. 7pp., posudek Geotec-GS, Archiv SD a.s. Doly Bílina. 2009.
- [4] KRUŽÍK, F.: Strukturní projevy deltové sedimentace na Velkolomu Maxim Gorkij v Bílině. *TEZ Hnědé uhlí*, 6/1980, 69-78, VÚHU Most. 1980.
- [5] MALKOVSKÝ, M. red.: Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. ÚÚG, Academia. Praha. 1985.
- [6] MACH, K.: Anomální stavba hlavní hnědouhelné sloje v prostoru miocenní bílinské delty a její geneze. Ph.D. thesis. Knihovna Přf UK v Praze. 2002.
- [7] MACH, K.: Využití snímání technických parametrů vrtání při bezjádrovém průzkumném vrtání na hnědouhelném lomu Bílina, Česká republika. Sborník referátů 7. Československé konference "Geologie uhelných pánví", Documenta Geonica, 141-146, 2009/2. Ostrava. 2009.
- [8] PEŠEK, J. et al.: Terciární pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky. Czech Geological Survey, 438 pp. Prague. 2010.
- [9] RAJCHL, M.: Vliv tektonických struktur na vznik gravitační deformace těžených stěn v prostoru dolu Bílina. Posudek, 15 pp., Archiv SD a.s. Doly Bílina. 2009.
- [10] RAJCHL, M., ULÍČNÝ, D.: Drobné synsedimentární deformační struktury v klastických sedimentech bílinské delty (miocén, mostecká pánev). *Zpravodaj Hnědé uhlí*, 3/2000, 28-41, VÚHU Most, ISSN 1213-1660.

- [11] RAJCHL, M., ULIČNÝ, D., MACH, K., Interplay between tectonics and compaction in a rift-margin, lacustrine delta system: Miocene of the Eger Graben, Czech Republic. *Sedimentology* 55, 1419-1447. 2008.
- [12] RAJCHL, M., ULIČNÝ, D., GRYGAR, R., MACH, K., Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin Eger Graben (Central Europe). *Basin Research*, 21, 269-294. 2009.
- [13] SLÁDKOVÁ, D., KAPICA, R., VRUBEL, M.: Global navigation satellite system (GNSS) technology for automation of surface mining. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, Taylor & Francis 25:3, 284-294, ISSN 1748-0930 (Print), 1748-0949 (Online). 2011.
- [14] ULIČNÝ, D., RAJCHL, M., MACH, K., DVOŘÁK, Z.: Sedimentation and Synsedimentary deformation in Rift-margin, Lacustrine Delta System: the Bílina Delta (Miocene), Most Basin. *Geolines*, 10, 84-95, Prague, 2000.
- [15] VÁCL, J. red.: Závěrečná zpráva úkolu velkolom Maxim Gorkij. *Geoindustria*, st.p. Praha. Praha. 1989.
- [16] ZELENKA, O.: Tektonika produktivního terciéru oblasti Teplice–Osek u Duchcova. *Časopis pro mineralogii a geologii*, 9/3. Praha. 1964.