

Návrh certifikované dobývací metody pro dotěžení ložiska

Návrh konkrétního způsobu otírky ložiska Český Krumlov – lokalita Lazec nad Krumlovským horizontem, s možností využití stávajících důlních děl

Návrh je výsledkem řešení projektu Centrum kompetence efektivní a ekologické těžby nerostných surovin TE02000029

Prof. Ing. Vlastimil Hudeček, CSc.

Doc. Ing. Jindřich Šancer, Ph. D.

Ing. Václav Zubíček, Ph. D.

VŠB-TU Ostrava

2019

1. Úvod

Hlavním cílem metodiky je zpracování návrhu dobývací metody vhodné pro dotěžení zásob s minimálními dopady na životní prostředí a s maximálním využitím stávajících důlních děl. Dalším důležitým aspektem volby dobývací metody je minimalizace odpadních materiálů vzniklých při ražení otvirkových a přípravných důlních děl. Tyto materiály v případě vyvážení na povrch a v případě další dopravy by rovněž negativně ovlivňovaly z hlediska prašnosti životní prostředí a proto je snahou tyto materiály podrtit v podzemí a využít jako základkový materiál při návrhu dobývací metody.

2. Výchozí kritéria návrhu

Při návrhu metodiky vhodné dobývací metody jsou brána v úvahu následující kritéria:

- stará důlní díla a jejich stav (stávající otvirková a přípravná důlní díla, navrhovaná nová otvirkových a přípravných důlních děl)
- výpočet zásob k těžení (přípravenost zásob)
- zhodnocení geologických podmínek ložiska k dobývání (s využitím certifikované metodiky Výběru vhodné dobývací metody)
- geomechanické vlastnosti hornin (základní charakteristika hornin a charakteristika ložiska)
- ochrana povrchu
- využití materiálu z otvirkových a přípravných důlních děl (drcení a doprava do dobývek)
- způsoby větrání
- čerpání vody
- doprava v dole
- výčet vhodných dobývacích metod
- popis používané dobývací metody při předchozí těžbě
- výčet alternativních dobývacích metod
- výběr a popis navrhované vhodné dobývací metody

3. Popis původně používané dobývací metody

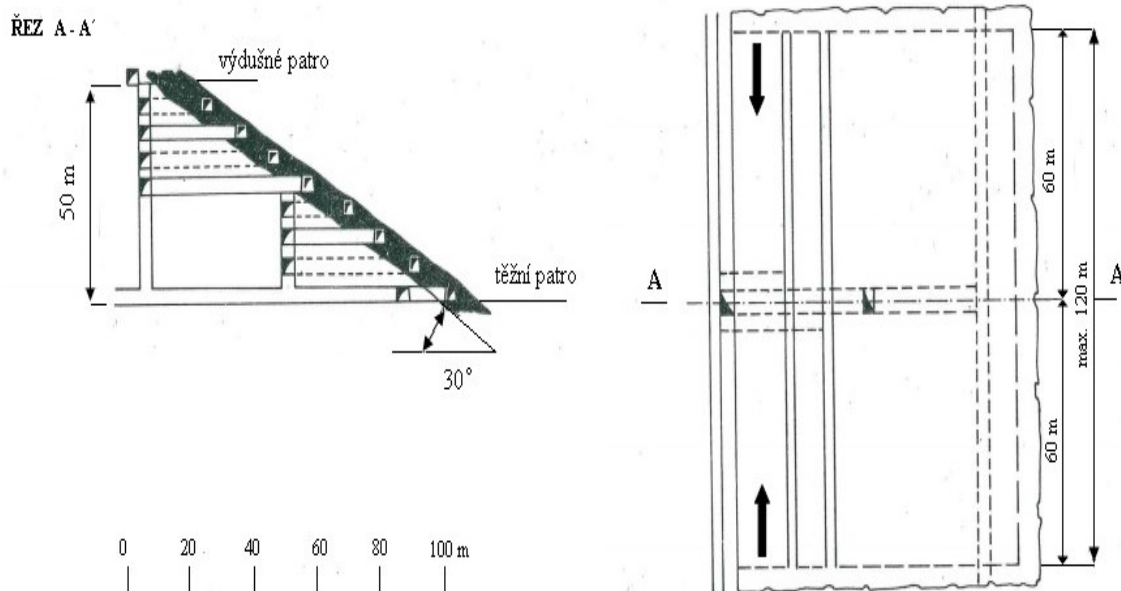
Pro hlubinné dobývání byla schválena do zkušebního provozu dobývací metoda „směrné sestupkové dobývání v lávkách na zával“ - zkráceně „lávkový zával“ byla schválena OBÚ v Plzni v roce 1980.

Princip této dobývací metody spočívá v rozdělení ložiska pomocí komínů na těžní bloky. Základní varianta této dobývací metody vycházela z dvoukřídlového dobývání shora dolů, kdy první lávková chodba byla ražena těsně pod dnem původního lomu, po předchozí těžbě grafitu povrchového způsobem.

Přípravné práce spočívají v:

- ražbě odtěžovacího překopu v podloží ložiska
- ražbě svislého komína. Komín má funkci větrání a útekové cesty po celou dobu životnosti bloku, přibližně do poloviny výšky bloku je využíván i pro těžbu rubaniny
- ražbě spojovacích chodeb do ložiska
- ražbě sledných chodeb v ložisku na hranici bloku
- v mocnějších polohách ražbě zátinkových chodeb

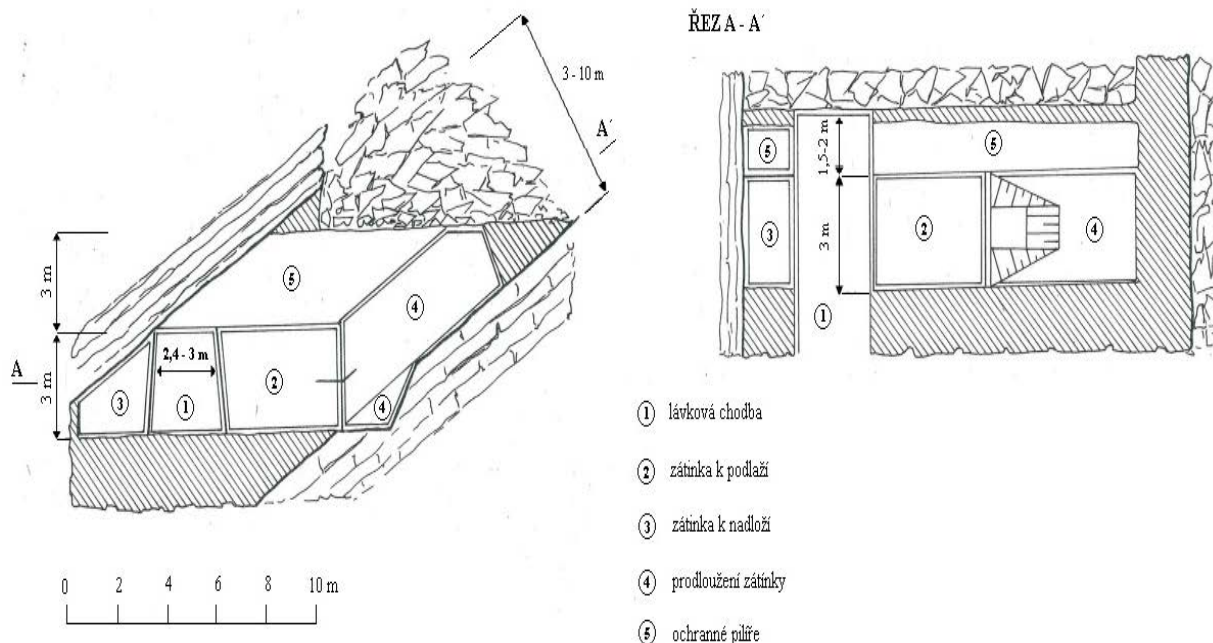
Z důvodu zkrácení spojovacích chodeb do ložiska se přibližně v polovině bloku vyrazil slepý pomocný komín, obrázek 1.



Obrázek 1 Směrné sestupkové dobývání v lávkách na zával

Vertikální vzdálenost lávek byla volena 6 m, avšak podle tehdejších zkušeností ji bylo nutno zkrátit. Generální postup dobývání směřuje shora dolů, v lávkách a od hranice bloku směrem do středu.

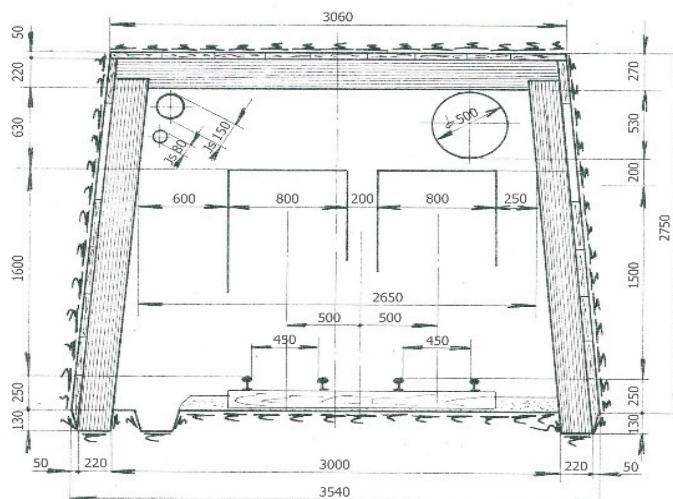
Postup dobývání v lávkových chodbách je znázorněn na následujícím obrázku 2.



Obrázek 2 Dobývání v lávkových chodbách při směrném sestupkovém dobývání v lávkách na zával

Z lávkové chodby (č. 1) se nejprve vyrazí boční zátinka směrem k podloží (č. 2) a boční zátinka směrem k nadloží (č. 3), přičemž proti závalu se ponechá dočasný pilíř, mocný 1,5 – 2 m. Boční zátinka k podloží se prodlouží dovrchně až k závalu (č. 4), z důvodu snadnějšího odtěžení rubaniny se provede zářez směrem do podloží. Hlušina z tohoto zářezu se založí do prostoru zátinky č. 3. Po spuštění závalu do zátinky č. 4 bude postupně s ústupem sestřelována stropní lávka č. 5 a současně bude přibírán dočasný pilíř proti závalu (č. 5). V případě předčasného zavalování se ponechá ochranná lávka proti závalu v boku a ve stropě zátinky. Před zaražením nové zátinky bude vytěžena a zavalena část lávkové chodby.

Lávkové chodby i porubní prostor byly vyztuženy lichoběžníkovou dřevěnou výztuží. Profil chodeb byl volen podle použitého nakladače. Při nasazení nakladačů NL 12 V to bude 5,5 m², při použití přepravníkových nakladačů MIS 1 P 7 m².



PROFIL RAŽENÝ 9,0 m²
 PROFIL SVĚTLÝ 6,6 m²
 PAŽENÍ BOKŮ ŠACHOVITÉ, NEBO DO 2/3 VÝŠKY ZPLNA

Obrázek 3 Lichoběžníková výztuž profilu D – 90

Odtěžení rubaniny bylo prováděno směrem do komína. Na štolovém horizontu byla rubanina sypána do vozíku o objemu 0,63 m³ a pomocí důlní lokomotivy dopravována k výklopníku na pás a přes drtič vyvážená dopravním kanálem na povrch na nádvoří dolu do zásobníků určených k expedici.

Rozpojování hornin bylo prováděno pomocí trhacích prací. Vrtání bylo prováděno rotačními, převážně však rotačně – příklepnými vrtačkami s pneumatickou podpěrou. Průměr vývrtů byl volen v rozmezí 32 – 34 mm. Lze využívat také lehkých sloupových vrtacích souprav. K trhacím pracím se používaly náložky skalní trhaviny o průměru 28 mm a časované elektrické rozbušky s elektrickým roznětem. V tabulce 1 jsou uvedeny technické parametry dobývky.

Tabulka 1 Technické parametry dobývky

Výkon v dobývce	7-8	t/hl./sm.
Výrubnost	74	%
Znečištění	10	%
Směrné číslo příprav	16 - 19,5	m/1000t

4. Současný stav

Z pohledu největší připravenosti zásob k dobývání, hodnoceno dle objemu zásob a připravenosti těžebních bloků, lze nejlépe hodnotit ložisko Lazec. Toto ložisko je v dnešní době přístupné pomocí štoly

S – 11 z lokality dolu Krumlov (Městský vrch), Krumlovský horizont (+500 m n. m.), kterou lze v oblasti zásob nadštolového horizontu v lokalitě Lazec využít i jako odtěžovací překop, obrázek 4.



Obrázek 4 Štola S – 11, lokalita Lazec

Významným pro lokality Městský vrch a Lazec je komín K 6, sloužící jako hlavní vtažné důlní dílo. V osmdesátých letech byla zřízena v DP Lazec, ventilátorovna osazena hlavním důlním ventilátorem situovaným v podzemí, na hlavním překopu spojující lokality Městský vrch a Lazec. Ostatní důlní díla ústící na povrch se stala výdušnými. V současné době je stav důlního ventilátoru nevyhovující. Pro potřeby budoucího dobývání by musela být provedena investice do tohoto technologického vybavení spočívající z pořízení zcela nového hlavního důlního ventilátoru.



Obrázek 5 Ventilátorovna spolu s hlavním důlním ventilátorem, skutečný stav, 2017



Obrázek 6 Vyústění vtažného komínu na povrchu, skutečný stav, 2017

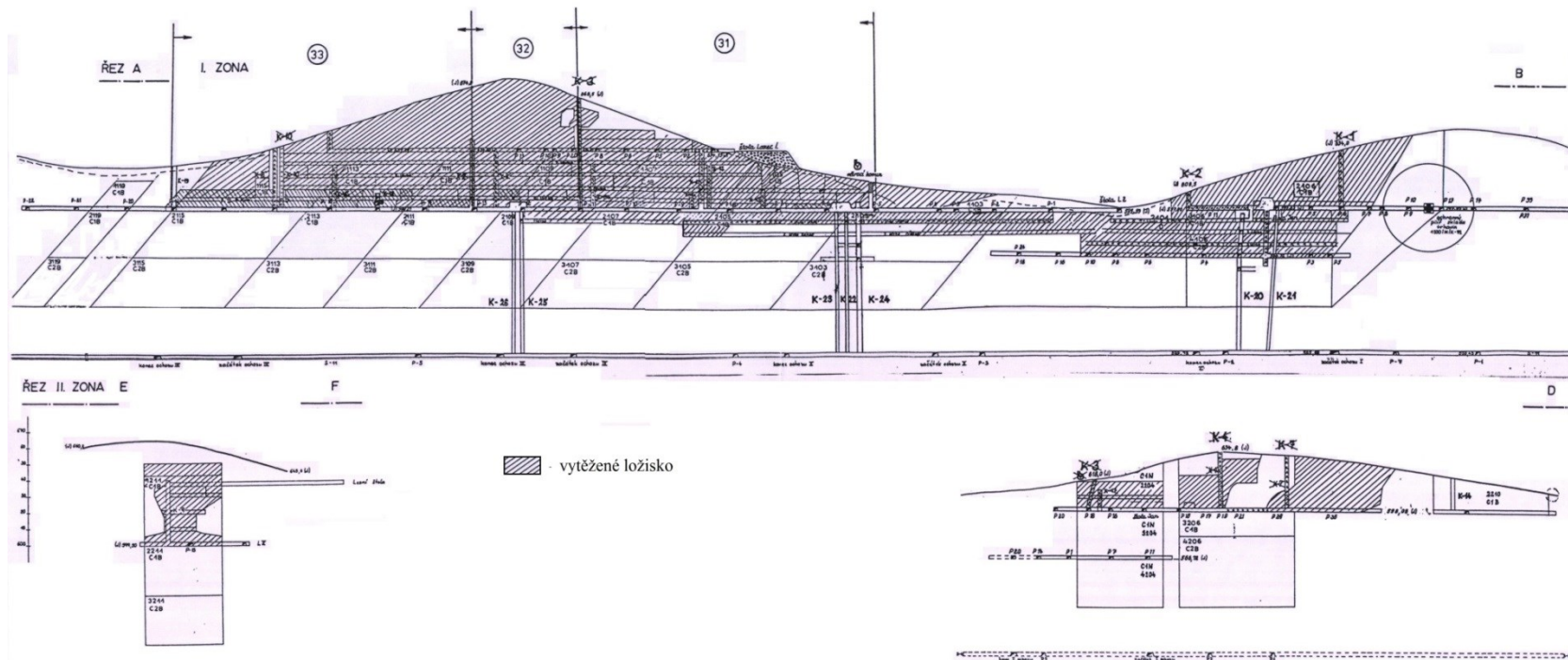
Dalším významným důlním dílem ústícím na povrch je komín K 4, který sloužil jako těžní a zajišťoval spojení krumlovského horizontu s povrchem. V minulosti vybaven těžním zařízením (těžním strojem) sloužící k odtěžení rubaniny a pro dopravu materiálu. V současné době je stav tohoto vybavení zcela nevyhovující a v budoucnu si vyžádá instalaci nového těžního stroje.



Obrázek 7 Komín K 4 na krumlovském horizontu

Z pohledu připravenosti zásob k dobývání je lokalita Lazec velice zajímavou. Jak lze vidět z podélného řezu bloku zásob na tomto ložisku, obrázek 8, jsou téměř zcela připravena k okamžité exploataci dva bloky vymezeny mezi dvojicí komínů K 25, K 26 a K 23, K 22 a K 24.

Jedná se o přípravná důlní díla dobývací metody Směrné sestupné dobývání mezipatrovými chodbami na zával. Druhý těžební blok je vymezen dále komíny K 20 a K 21. V tomto bloku již došlo v minulosti k těžbě a ústí komínu K 23 na úrovni hlavního překopu je osazeno výpustným systémem umožňující plnění důlních vozů. K jednotlivým komínům je přístup z hlavního překopu spojující lokalitu Městský vrch a Lazec pomocí jednotlivých vyražených ochozů sloužících k oběhu vozů a odtěžení rubaniny z těžebních bloků.





Obrázek 9 Výpustný systém těžebního komínu

Budoucí použití dobývací metody Směrného sestupného dobývání mezipatrovými chodbami na zával se jeví dosti problematické z důvodu vzniklých výrazných poklesů na povrchu. Dle původního POPD měly být poklesy sanovány a rekultivovány zásypem hlušinovým materiálem a následnou úpravou povrchu.

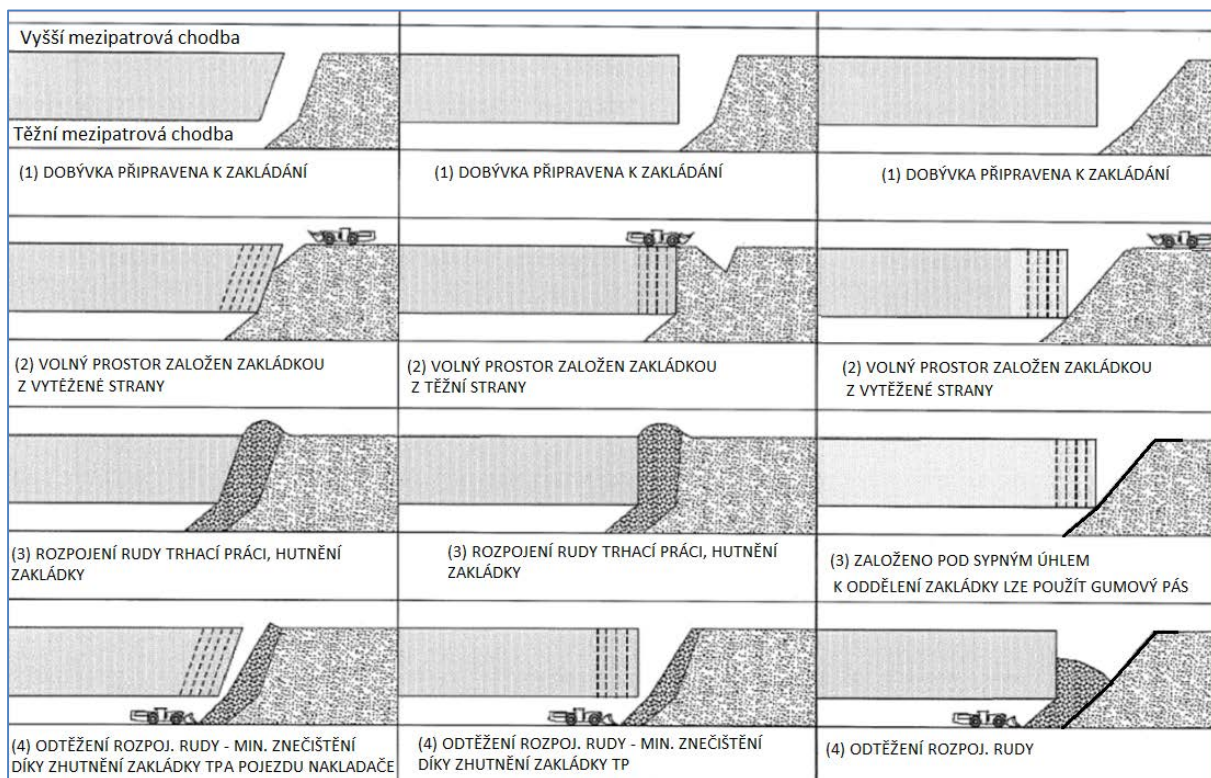
Ani původní metodu sanace a rekultivace území dotčeného těžbou dnes nelze akceptovat z důvodu ochrany životního prostředí, kdy případný dobývací prostor se bude nalézat v prostoru CHKO Blanský les. Následky použití této dobývací metody jsou v této oblasti patrné dodnes.

5. Popis nově navrhované dobývací metody

Nově navržená dobývací metoda určená primárně k dotěžení zásob na řešené lokalitě byla navržena tak, aby bylo možné co nejvíce využít stávající důlní díla a zároveň byly minimalizovány vlivy na životní prostředí, které do značné míry omezují nasazení původní dobývací metody. Při výběru vhodné dobývací metody bylo využito metodiky pro výběr vhodné dobývací metody (Kontrolní den CEEMIR 22. 3. 2018, Rázová), přičemž při samotném výběru nejvhodnější metody byl zohledňován vliv dobývání na životní prostředí.

Při zohlednění těchto vlivů se jako nejvýhodnější dobývací metoda jevila některá z alternativ metody Cut and Fill, což lze přeložit jako dobývání v lávkách se zakládáním vyrubaného prostoru. Aby bylo možné co nejvíce využít původní důlní díla (připravenost bloků), byla zvolena dobývací metoda výstupkového dobývání z mezipatrových chodeb se zakládáním vyrubaného prostoru, v zahraničí též známou pod názvem AVOCA.

Tato dobývací metoda může být prováděna v různých variantách a její princip je patrný z obrázku 10. Rozpojování rudy je prováděno trhací prací, odtěžení pomocí přepravníkových nakladačů a zakládání z vyšší mezipatrové chodby je prováděno nejčastěji taktéž přepravníkovými nakladači. Aby se zamezilo znečištění těžené rudy zakládkovým materiálem je buďto prováděno hutnění základkového materiálu přímo pojezdem nakladače v kombinaci s TP, nebo oddělením zakládky a rozpojené rudy vhodným materiálem, např. gumovou pásovinou.



Obrázek 10 Možné postupy dobývání pomocí dobývací metody AVOCA

Zvolená dobývací metoda umožňuje maximální využití stávajících důlních děl na nedotěženém ložisku Lazec. A to jak všech otvírkových důlních děl, tak většiny přípravných důlních děl, včetně sledných mezipatrových chodeb v ložisku i slepých komínů v jednotlivých blocích.

Hlavní rozdíly navržené metody oproti původní dobývací metodě by byly následující:

- samotné dobývání by neprobíhalo dvoukřídle v jednotlivých blocích, ale dobývalo by se směrně z pole, tzn. od hranice bloku zásob k hlavnímu těžnímu komínu. Pro zvýšení výkonu těžby lze s určitým odstupem dobývat ve 2 i více lávkách najednou,
- postup dobývání by byl od odtěžovacího překopu (výstupkově),
- při dobývání by se jednotlivé zálomy neprováděly pomocí zátinek, ale pomocí trhacích prací v celém profilu,
- vyztužování (především stropu sledné chodby v ložisku) by bylo pomocí samostatné svorníkové výztuže (ve stávajících chodbách lze ponechat dřevěnou dveřejovou výztuž),
- vyrubaný prostor by se zakládal hlušinou (získané ražením otvírkových a přípravných důlních děl) z vyšší sledné chodby v ložisku,
- propojením původních jednotlivých bloků (dobývek) mezipatrovými chodbami a směrnému dobývání z pole se zakládáním vyrubaného prostoru, bude možné dobývky větrat průchodním větrným proudem.

5.1. Popis technologie dobývání otevřených zásob

Pro dobývání zbytkových zásob bude v maximální míře využito stávající přípravy bloků k těžbě, tzn. všech komínů a chodeb ražených jak v ložisku, tak v průvodních horninách. Z tohoto důvodu jsou základní technické parametry dobývaného bloku zachovány z původní dobývací metody a jsou zřejmé z obrázků 11 a 12. V případě dotěžování připravených bloků budou potencionální přípravné práce spočívat pouze v propojení mezipatrových chodeb jednotlivých bloků (původně se dobývalo v jednotlivých blocích dvoukřídle k těžnímu komínu a bloky nebyly vzájemně propojeny). Pouze v místech, kde dosud tyto přípravné důlní díla nebyly vyraženy, bude nutné vyražení nových mezipatrových chodeb a těžních komínů. Při ražbě nových mezipatrových chodeb je vhodné volit pravoúhlý tvar chodeb o šířce minimálně 3 m zajišťující bezpečný pohyb přepravníkových nakladačů. Zajištění nově ražených chodeb bude pomocí svorníkové výztuže.

Samotné dobývání bude probíhat směrně z pole, tzn. vždy od hranice zrudnění směrem k hlavnímu těžnímu komínu. Maximální směrná délka původních bloků bude 120 m, svislá vzdálenost mezi těžním a výdušným patrem bude cca 50 m. Úklonná délka bloku bude závislá na úklonu ložiska a předpokládá se cca 80-100 m. Vertikální vzdálenost lávkových (mezipatrových) chodeb bude do 6 m. Zásoby v jednom původním bloku při průměrném úklonu a mocnosti 4,5 m byly:

$$Z1 = m * l * l_{sm} \quad [m^3] \quad (1)$$

Kde:

m – průměrná mocnost ložiska [m]

l - úklonná délka těžného bloku [m]

l_{sm} – směrná délka [m]

$$4,5 * 90 * 120 = \underline{48\,600\,m^3}$$

$$Z = Z1 * \rho \quad [kt] \quad (2)$$

Kde:

P – objemová hmotnost [$kg \cdot m^{-3}$]

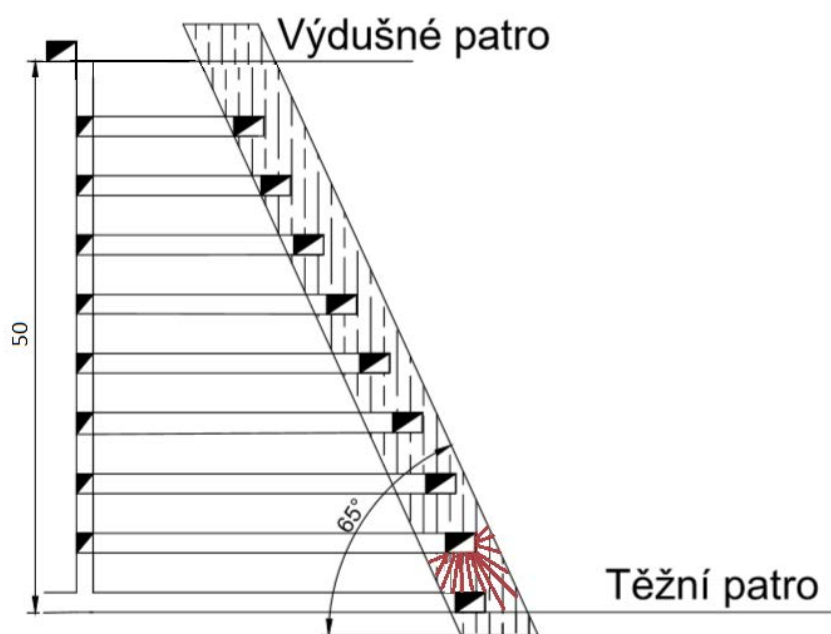
$$48\,600 * 2,4 = \underline{116\,kt}$$

Generální postup dobývání nově navrhované dobývací metody je výstupkový (tj. od těžního patra k výdušnému), v jednotlivých lávkách od hranice bloku, tj. z pole. Jednotlivé operace dobývání spočívají v rozpojení grafitové suroviny pomocí vrtacích a trhacích prací, odtěžení rozpojené suroviny a následném založení vyrubaného prostoru základkou pomocí přepravníkových nakladačů.

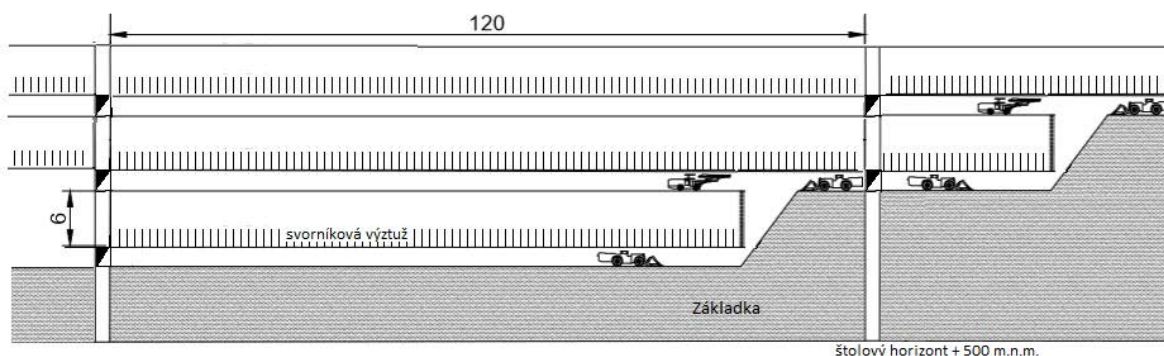
Dobývání je započato na okraji bloku (hranici zrudnění) provedením tzv. odseku na výšku mezipatra. Na odsek se následně odpaluje jedna nebo několik řad úpadně vrtaných vrtů (z vyšší mezipatrové chodby). Po odtěžení rozpojené rudy přepravníkovým nakladačem do těžního komínu vybaveného rudním sýpem se vyrubaný prostor zakládá hlušinou, dopravenou přepravníkovým nakladačem po vyšším mezipatře. Další odpaly se již provádí na základku (trhací práce do zaplněného prostoru), čímž se základkový materiál konsoliduje.

V rozvinuté fázi dobývání probíhá postupné rozpojování a odtěžování ložiska v prostoru mezipatrového pilíře (mezi jednotlivými lávkami). Pro trhací práci se vrtá systémem vějířovitých vrtů vrtaných úpadně z vyšší mezipatrové chodby (v případě potřeby je možné vrtat i dovrchně z těžní chodby), v úseku odpovídajícímu délce jedné zabírky (cca 2 m). Následuje jejich nabití vhodnou skalní trhavinou (např. Perunit) a odstřel. Rozvolněná grafitová ruda je následně pomocí přepravníkového nakladače odtěžena těžní chodbou do nejbližšího těžního komínu a přes rudný sýp do důlních vozů na odtěžovacím překopu (štolovém horizontu). Po odtěžení rozpojené rudy se vyrubaný prostor zakládá hlušinou, dopravovanou z výdušného patra pomocí komínu na vyšší mezipatro, odkud pomocí přepravníkového nakladače do vydobytoho prostoru. Tento cyklus se neustále opakuje po celé směrné délce připraveného ložiska až k hlavnímu těžnímu komínu. Po vydobytí celého mezipatra se stejným postupem dobývá ve vyšším mezipatře. K omezení přepravní vzdálenosti rozpojené rudy pomocí přepravníkových nakladačů, bude využíváno těžních komínů, které jsou raženy co 120 m (bude využito stávajících komínů, které ložisko rozdělávaly do jednotlivých těžebních bloků). Pro zvýšení výkonu je možné dobývat ve více lávkách najednou, nicméně s dobýváním ve vyšší látce je možné započít až dobývka v nižší látce postoupí za nejbližší těžní komín. Schématické zobrazení postupu dobývání je na obrázku č. 12.

Díky propojení původních bloků mezipatrovými chodbami a směrnému dobývání z pole, bude možné dobývky odvětrávat průchodním větrným proudem (PVP). Pro zajištění dostatečného odvětrávání a především pro zkrácení čekací doby po trhací práci je doporučeno pracoviště vybavit pomocným flexibilním lutnovým tahem. V případě neproražených důlních děl bude větrání zajištěno pomocí separátního větrání.



Obrázek 11 Řez dobývaným blokem



Obrázek 12 Schéma dobývací metody

5.2. Opatření pro zkušební provoz

V podmínkách ložiska Lazec není výše popsaná dobývací metoda (výstupkové dobývání z mezipatrových chodeb se zakládáním vyrubaného prostoru) odzkoušena, z tohoto důvodu je nezbytné provedení tzv. zkušebního provozu. V rámci tohoto zkušebního provozu bude nezbytné ověřit a věnovat zvýšenou pozornost především:

- optimalizaci vrtného schématu pro trhací práci vzhledem k požadované fragmentaci rozpojené rudy a s ohledem na odtěžení a následnou úpravu
- dimenzování svorníkové výztuže v jednotlivých mezipatrových chodbách s ohledem nejen na bezpečnost pracovníků, ale i na následnou trhací práci a zajištění požadované fragmentace rozpojené rudy
- konsolidaci použité zakládky

Závěrem je možné konstatovat, že ačkoli tato dobývací metoda dosud nebyla v předmětné lokalitě (ani v rámci ČR dosud nasazena), v zahraničí i v rámci EU se jedná o používanou a schválenou a bezpečnou dobývací metodu (např. Peak Gold Mines).

6. Ekonomické aspekty

Přínosem nově navrhované dobývací metody je vydobytí již připravených avšak nedotěžených zásob na ložisku Lazec a příprava a dotěžení zbylých zásob nad štolovým horizontem +500 m . n. m., při maximální ochraně povrchu před vlivy dobývání (budoucí DP se bude nacházet v CHKO Blanský les).

Navrhovaná roční těžba na tomto ložisku 50 000 t/rok při současném dobývání ve dvou dobývkách. Denní těžba z jedné dobývky se předpokládá 100 t/den (6m výška, 4,5 metrů průměrná mocnost ložiska a při zabírce 2m). Doporučujeme dvousměnný provoz (10 hod. efektivní pracovní doba).

7. Použitá literatura

- [1] Radovský J., Beránek J., Lipovský V.: Projekt dobývací metody směrné sestupkové dobývání v lávkách na zával pro ložisko Městský vrch v Českém Krumlově. Rudné doly n. p. Příbram závod Netolice, Netolice 1980.
- [2] Jindřich Šancer, Vlastimil Hudeček, Václav Zubíček: Analýza metod pro výběr vhodné dobývací metody, dílčí zpráva CEEMIR, X. etapa, 19. 3. 2018 - 20. 10. 2018. Ostrava, 2018.

- [3] Atlas Copco: Mining Methods in Underground Mining, second edition 2007. Dostupné z: www.atlascopco.com, Cit. :20.10.2018.
- [4] Aurelia Metals Limited: PEAK GOLDMINESRESOURCES AND RESERVES, dostupné z: http://member.afraccess.com/media?id=CMN://6A891065&filename=20180717/AMI_02000147.pdf, Cit.: 15. 4. 2019, Australia, 2018.