

Návrh certifikované metodiky „Optimalizace a řízení větrání při dobývací metodě výstupkové dobývání z mezipatrových chodeb se zakládáním vyrubaného prostoru“

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

Doc. Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.

Ing. Pavel Malíček

VŠB-TU Ostrava

2019

Obsah

1	Úvod	3
2	Popis nové dobývací metody.....	3
3	Požadavky na navržený způsob větrání - metodika „Optimalizace a řízení větrání“	5
3.1	Všeobecné požadavky	5
3.2	Předpoklad výskytu nebezpečných plynů	6
3.3	Specifikace pojmů důležitých pro řešení větrní sítě.....	6
3.4	Další základní požadavky	7
4	Popis konstrukce větrní sítě pro novou dobývací metodu.....	8
4.1	Stanovení druhu větrání dolu.....	8
4.2	Stanovení potřebných objemových průtoků na pracovištích a ostatních chodbách	9
4.2.1	Stanovení potřebného objemového průtoku pro odvětrání dobývky	9
4.2.2	Stanovení potřebného objemového průtoku větrů pro odvětrání raženého důlního díla	13
4.2.3	Potřeba objemových průtoků na ostatních chodbách	18
4.3	Sestavení modelu větrní sítě pro potřeby propočtu a vyrovnání.	18
4.3.1	Postup pro sestavení modelu sítě:	18
4.3.2	Vyrovnání větrní sítě propočtem.....	19
4.3.3	Vynesení vypočtených hodnot do kanonického schématu	20
4.4	Stanovení typu hlavního ventilátoru	21
4.4.1	Hodnocení provozu ventilátoru.....	21
4.4.2	Stanovení konkrétních parametrů hlavního ventilátoru pro novou dobývací metodu.	22
5	Návrh řízení větrání	23
5.1	Regulace hlavního ventilátoru.....	23
5.2	Regulace větrání na pracovištích.....	24
5.2.1	Regulace separátně větraných děl	24
5.2.2	Regulace větrání v dobývkách	24
6	Srovnání „novosti postupů	25
7	Ekonomické aspekty	26
8	Popis uplatnění Certifikované metodiky	26
9	Použitá literatura:.....	27
10	Seznam publikací	27

1 Úvod

Navržená metodika zajistí optimalizaci větrání dolu při naplnění záměru dotěžení zásob nad štolovým horizontem Český Krumlov (+ 500m n.m.), resp. otvírku nového patra na lokalitě Městský Vrch, popř. Lazec a Bíca. V případě realizace záměru byla navržena pro tuto lokalitu nová dobývací metoda.

Cílem navržené metodiky je konstrukce nové větrní sítě na základě požadavků nové dobývací metody.

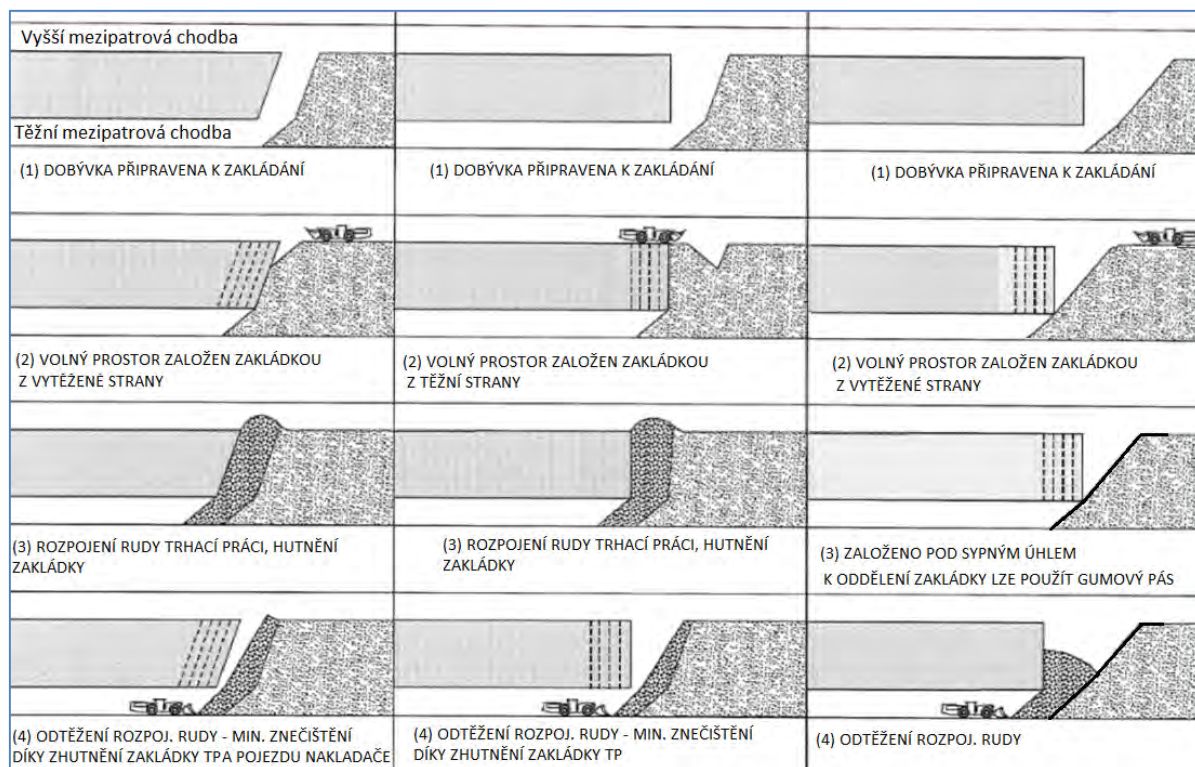
Pro předkládanou novou dobývací metodu musí být navržen způsob větrání tak, aby byly splněny základní hygienické požadavky a naplněno ustanovení Vyhlášky č. 22/1989 Sb. ČBÚ o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí (dále jen vyhláška 22/89 Sb.), a to konkrétně v části čtvrté – větrání dolu a díle druhém – větrání neplynujících neuhelných dolů.

2 Popis nové 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 zohlednění všech 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 č. 1. 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.



Obr. č. 1 Možné postupy dobývání pomocí dobývací metody AVOCA

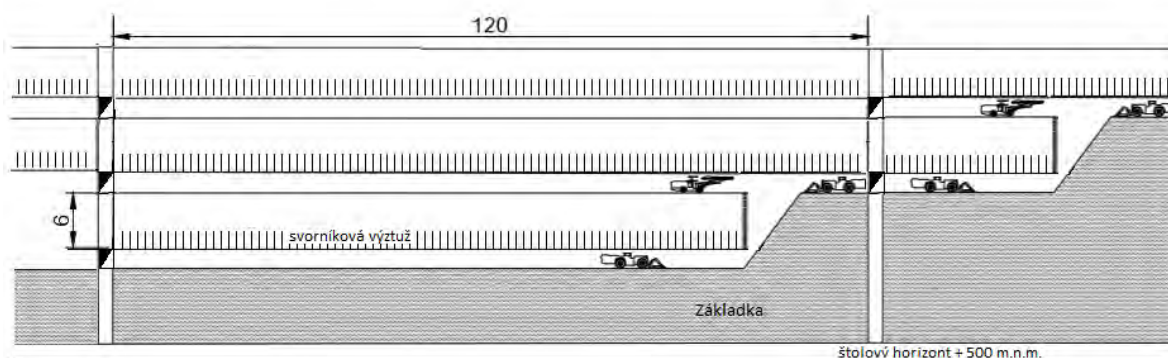
Generální postup dobývání nově navrhované dobývací metody je výstupkový (tj. od těžního patra k výdušnému), v jednotlivých lávkách od hranice bloku, tj. z pole. Jednotlivé operace dobývání spočívají v rozpojení grafitové suroviny pomocí vrtacích a trhacích prací, odtěžení rozpojené suroviny a následném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

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 mezipatří. 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 lávce je možné započít, až dobývka v nižší lávce postoupí za nejbližší těžní komín. Schématické zobrazení postupu dobývání je na obrázku č. 2.

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



Obr. č. 2 Schéma dobývací metody

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.

3 Požadavky na navržený způsob větrání - metodika „Optimalizace a řízení větrání“

3.1 Všeobecné požadavky

Větráním rozumíme plánované zásobování podzemních prostor čerstvým vzduchem z přízemního obalu zemské atmosféry - troposféry. Aerací se má zajistit dostatečné proudění objemového průtoku větru potřebného:

- a) lidem na dýchání,
- b) zážehovým a vznětovým motorům na spalování,

- c) na rozředění na zdraví neškodlivou úroveň:
- exhalovaných plynů, které se uvolňují z pohoří,
 - povýbuchových plynů, které vznikají při trhacích pracích,
 - výfukových plynů spalovacích motorů,
- d) na dosažení vhodných pracovních podmínek z hlediska:
- zdraví neškodné koncentrace prachových částic,
 - pracovním vhodného klimatického komfortu.

3.2 Předpoklad výskytu nebezpečných plynů

Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o projekt větrání neplynujícího neuhelného dolu, nepředpokládá se výskyt nebezpečných plynů jako je CH₄ – metan, výron CO₂ – oxidu uhličitého ani jiných plynů. Při ražbách a těžbě budou vznikat pouze nebezpečné plynné složky z nasazené důlní technologie a výstupem z okolních hornin a to:

NO _x	(nitrozní plyny)	po trhací práci a z provozu strojů s naftovým motorem
CO	(oxid uhelnatý)	z provozu strojů s naftovým motorem a po trhací práci
CO ₂	(oxid uhličitý)	z provozu strojů s naftovým motorem a dýchání (respirace, ventilace) proces výměny plynů.
Rn	(radon)	RADON je přírodní plyn. Vzniká postupnou přeměnou uranu, který je v různém množství součástí hornin zemské kůry. RADON jako plyn se z hornin uvolňuje a stává se součástí vzduchu vyplňujícího póry zemin. Z povrchu země se RADON dostává do atmosféry nebo vstupuje do objektů. RADON je radioaktivní plyn a přeměňuje se na další radioaktivní prvky (izotopy polonia, olova a bismutu), které se při vdechování zachycují v dýchacích cestách a ozařují je.

3.3 Specifikace pojmů důležitých pro řešení větrní sítě

Pro tento návrh „metodiky“ větrání je nutné stanovit, že se bude jednat o větrání neplynujícího neuhelného dolu, respektive důlních děl pomocí umělého větrání průchozím větrním proudem.

d) Definice převzatá z § 2 Výklad pojmů z vyhlášky 22/89 Sb. stanoví:

- důlní dílo - podzemní prostor vytvořený hornickou činností; za důlní dílo se považuje i větrací, odvodňovací, těžební a záchranný vrt a jiné vrty, které plní funkci důlního díla. Za důlní dílo se nepovažuje vyhledávací a průzkumný vrt.

Dále bude použito separátního větrání.

Převzatá definice z Vyhlášky 165/2002 Sb. ČBÚ o separátním větrání při hornické činnosti v plynujících dolech (dále jen vyhláška 165/02 Sb.).

- průchodní větrný proud (dále jen PVP) - důlní větry proudící proraženým důlním dílem v důsledku podtlaku nebo přetlaku vyvolaného hlavním ventilátorem
- separátní větrání - větrání neproraženého důlního díla lutnovým tahem, popřípadě lutnovými tahy s jedním nebo více ventilátory, které může být sací, foukací, kombinované sací nebo kombinované foukací.

3.4 Další základní požadavky

Základní požadavky vyhlášky 22/89 Sb., které je nutno akceptovat při projektování dolu s ohledem na větrání a které musí zohlednit i navržený způsob „Optimalizace a řízení větrání při dobývací metodě výstupkové dobývání z mezipatrových chodeb se zakládáním vyrubaného prostoru“.

- Důl musí mít nejméně jedno hlavní vtažné a jedno hlavní výdušné důlní dílo.
- Důl musí mít samostatný větrní systém.
- Důl musí být větrán uměle a v době, kdy jsou v dole lidé, nepřetržitě. Po zastavení větrání podle však musí být větrání včas spuštěno před konáním předběžných prohlídek, případně před obsazením pracovišť, není-li předběžné prohlídky třeba konat.
- Důlní díla, kromě opuštěných důlních děl a vyrubaných prostorů, musí být větrána buď průchodním větrním proudem, nebo separátním větráním.
- V důlních dílech, ve kterých se zdržují nebo mohou zdržovat pracovníci, musí důlní ovzduší obsahovat objemově nejméně 20 % kyslíku a koncentrace dále uvedených plyných škodlivin nesmí překročit tyto hodnoty:

❖ kyslíčník uhelnatý (CO)	0,003 %,
❖ kyslíčník uhličitý (CO ₂)	1,0 %,
❖ kyslíčníky (nitrosní plyny) (NO + NO ₂)	0,00076 %,
❖ sirovodík (H ₂ S)	0,00072 %.
- Rychlost důlních větrů musí být nejméně
 - ❖ a) 0,15 m.s⁻¹ v hloubených svislých důlních dílech,
 - ❖ b) 0,3 m.s⁻¹ na ostatních pracovištích.
- Rychlost důlních větrů nesmí být větší než
 - ❖ a) 4 m.s⁻¹ v otvírkových a přípravných důlních dílech, porubech a dobývkách,
 - ❖ b) 10 m.s⁻¹ v ostatních důlních dílech s chůzí nebo pravidelnou dopravou lidí,
 - ❖ c) 15 m.s⁻¹ v ostatních důlních dílech bez chůze a pravidelné dopravy lidí.
- Hlavní ventilátor musí být umístěn u hlavního větrního důlního díla.
- Vtažné větry musí být vedeny na příslušné patro nebo nejhlubší místo a odtud nejkratší větrní cestou k porubům a dobývkám.
- Jako větrní cesty mohou být používána schůdná důlní díla a dále větrní vrty o průměru nejméně 0,3 m nebo komíny bez lezního oddělení nebo dopravního zařízení, pokud nejsou používány pro dopravu rubaniny. Vyrubané prostory a jiná neschůdná důlní díla mohou být používána jako větrní cesty pro vedení výdušných větrů, pokud se tím nesníží objemový průtok vtažných větrů potřebný pro větrání.
- Všechna nežádoucí spojení (zkratky) ve větrní síti musí být izolována.
- Poruby a dobývky musí být větrány průchodním větrním proudem, kromě těch porubů a dobývek, u kterých dobývací metoda takový způsob větrání nepožaduje.

- Neproražené důlní dílo musí být větráno separátním větráním vždy, když není zajištěno stanovené složení důlního ovzduší nebo když vzdálenost čelby od průchodního větrního proudu dosáhla 15 m.
- Separátním větráním nesmí být v žádném místě průchodního větrního proudu odebíráno více než 70 % objemového průtoku důlních větrů.
- Separátní větrání musí být nepřetržitě; přechodně může být zastaveno za podmínek, že dotyčné důlní dílo bude bezodkladně označeno zákazem vstupu, že separátní větrání bude před předběžnou prohlídkou nebo obsazením pracoviště včas spuštěno a že organizace provede vhodná bezpečnostní opatření k ochraně pracovníků, kteří by mohli být ohroženi plynnými škodlivinami z ovětrávaného důlního díla. Obdobně je nutno postupovat i při poruše separátního větrání.
- První ventilátor separátně větraného důlního díla se musí ovládat z průchodního větrního proudu.

4 Popis konstrukce větrní sítě pro novou dobývací metodu

Nově navržený způsob „Optimalizace a řízení větrání“ při nově navržené dobývací metodě Cut and Fill – dobývání v lávkách se zakládáním vyrubaného prostoru bude vycházet z vypsanych požadavků a bude rozdělen na řešení:

- Stanovení druhu větrání dolu
- Stanovení potřebných objemových průtoků na pracovištích a ostatních chodbách
- Sestavení modelu větrní sítě pro potřeby propočtu a vyrovnání
- Stanovení typu hlavního ventilátoru

4.1 Stanovení druhu větrání dolu

S ohledem na skutečnost, že nově navržená dobývací metoda určená primárně k dotěžení zásob na řešené lokalitě byla navržena tak, aby bylo možné co nejvíce využít stávající důlní díla, tak i v novém návrhu „metodiky“ větrání bude využito zkušeností z předešlého způsobu větrání. Bude se tedy jednat o kombinovaný způsob větrání. Vychází to z umístění hlavního ventilátoru (dále jen HV). HV bude umístěn v podzemí dolu pod úvodním větrním komínem. S ohledem na skutečnost, že předmětná lokalita bude mít jak podtlakově větranou část důlních děl, ale i přetlakovou a to podstatnou část, bude se jednat o kombinovaný způsob větrání.

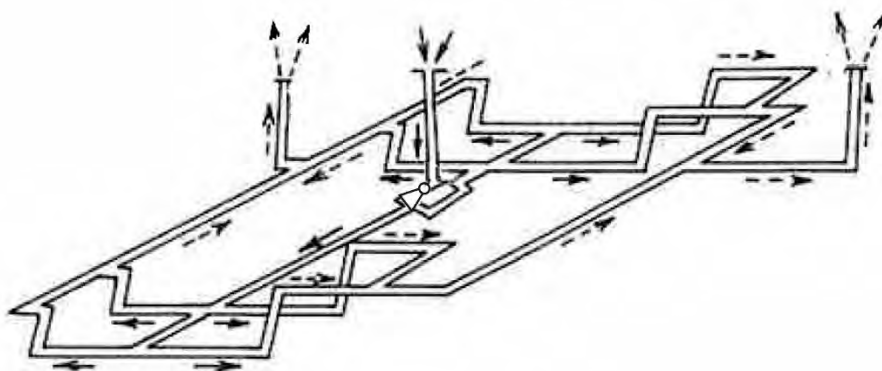
Z hlediska umístění hlavních důlních děl, kdy hlavní úvodní dílo je umístěno v podstatě uprostřed aktivního dobývacího prostoru, a hlavní výdušná díla jsou umístěna na okrajích aktivního dobývacího prostoru, bude se jednat o diagonální způsob větrání.

Výhodou tohoto uspořádání hlavního větrání je:

- a) Menší ztráty větrů mezi vtažnými a výdušnými cestami

- b) Menší a stálý tlakový rozdíl mezi hlavními vtažnými a výdušnými důlními díly
- c) Menší výkony HV a tím i jejich pohonů
- d) Nižší spotřeba elektrické energie

Z hlediska stanovení druhu hlavního větrání dolu tento návrh bude uvažovat:



Obr. č. 3 Kombinovaný diagonální způsob

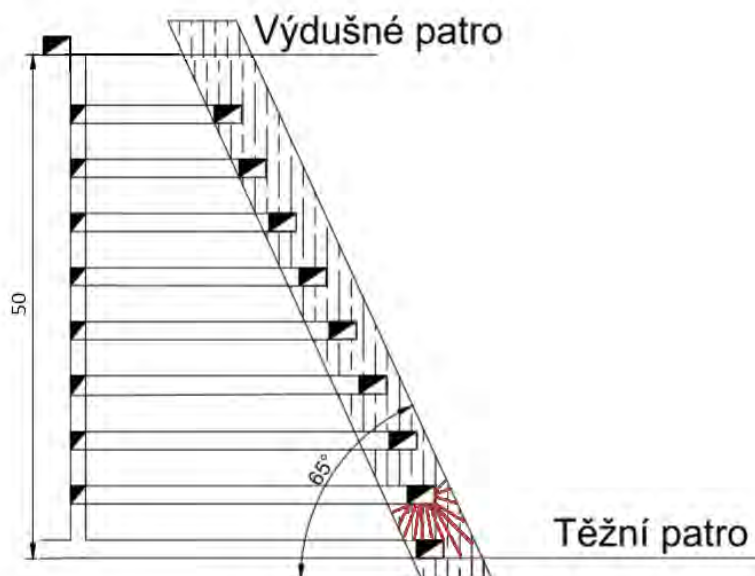
4.2 Stanovení potřebných objemových průtoků na pracovištích a ostatních chodbách

Při stanovení potřebného objemového průtoku v jednotlivých větvích větrní sítě vychází tato metoda z potřeb nové dobývací metody a to z potřebného počtu pracovišť a rozsahu důlního pole co se týká délky chodeb, vrtů a šibíku a z jejich profilů.

Základním požadavkem je odvětrání jednotlivých pracovišť. Za pracoviště pro konstrukci této větrní sítě budeme považovat takové místo, kde vznikají nové důlní prostory, tedy pro novou dobývací metodu dobývky a ražby.

4.2.1 Stanovení potřebného objemového průtoku pro odvětrání dobývky

V popisu nové dobývací metody je rozpojování horniny prováděno pomocí trhacích prací, a to provedením tzv. odseku na výšku mezipatra. Na odsek se následně odpaluje jedna nebo několik řad úpadně vrtaných vrtů (z vyšší mezipatrové chodby). Což je patrné i z obrázku č. 3 z řezu dobývaným blokem.



Obr. č. 4 Řez dobývaným blokem

Dalším základním parametrem, který má zásadní vliv na stanovení potřebného objemového průtoku je skutečnost, že při volbě jakékoliv varianty popsané v kapitole č. 2 této metodiky a zobrazené na obrázku č. 1 dojde k uzavření profilu a tím k přerušení PVP. Odvětrání dobývky tedy bude muset být provedeno pomocí separátního větrání. Pro separátní větrání je stanovena konstrukce lutnového tahu v kombinaci ventilátoru o průměru 630 s poddajnými nevyztuženými lutnami. v tomto případě se bude jednat o foukací způsob separátního větrání.

Pozn.: Propočet potřebného objemového průtoku a tím následné stanovení objemového průtoku v PVP bude zahrnuto pod propočtem separátního větrání. V tomto návrhu je uvažováno se stejným typem větrání jak na větrání dobývek po přerušení PVP, tak i pro větrání nově ražených důlních děl.

Pro stanovení potřebného objemového průtoku bude použito matematických vztahů z vyhlášky 165/02 Sb. přestože tato je určena pouze pro plynující uhelné doly.

Potřebný objemový průtok pro odvětrání dobývky po trhačí práci bude limitující s ohledem na konstrukci větrní sítě pouze na požadavek PVP, ve kterém bude umístěn ventilátor, případně sání do ventilátoru, jelikož ventilátor může z PVP odebírat maximálně 70% celkového objemu vzdušin.

Odtěžení rozpojené horniny (grafitové rudy) bude prováděno pomocí přepravníkových nakladačů. V popise nové dobývací metody není stanoven typ těchto nakladačů. Autoři však uvažují s elektrickým pohonem veškerých použitých strojů a vylučují použití strojů s naftovým motorem.

Pro potřebu odvětrání pracoviště po částečném odtěžení rozpojené horniny a opětovného dosažení PVP budou tedy posuzovány tyto parametry:

a) Potřebný objemový průtok větrů na počet lidí na pracovišti

Podle personálního obsazení pro novou dobývací metodu budou v jedné dobývce 3 osoby. Podle NV 361/2007 Sb. ze dne 12. prosince 2007 v platném znění, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, je potřebný objemový průtok pro odvětrání pracoviště s ohledem na maximální počet pracovníků na pracovišti stanoven vztahem:

$$Q_{v1} = Kn$$

Kde je

Q_{v1}	Potřebný objemový průtok větrů	(m^3s^{-1})
K	Minimální množství vzduchu přiváděného na pracoviště musí být: 25 m^3h^{-1} práce v sedě s lehkou manuální prací bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění 50 m^3h^{-1} práce v sedě s lehkou manuální prací s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění 70 m^3h^{-1} na osobu pro práci převážně vstoje a v chůzi 90 m^3h^{-1} na osobu při těžké fyzické práci 100 m^3h^{-1} na osobu při těžké fyzické práci + prach	
n	Největší počet pracovníků v nejsilněji obsazené směně	(ks)

$$Q_{v1} = 0,0278 \cdot 3 = \underline{\underline{0,08 m^3s^{-1}}}$$

b) Potřebný objemový průtok větrů pro ředění exhalace CO₂

Jak již bylo stanoveno, na pracovišti budou 3 osoby, stroje budou na elektrický pohon a exhalace CO₂ se nepředpokládá. Potřebný objemový průtok je dán vztahem:

$$Q_{v2} = \frac{q_2 + q_3}{C_2 - C_3} \cdot 100$$

Kde je

Q_{v2}	Potřebný objemový průtok větrů	(m^3s^{-1})
q_2	Předpokládaná exhalace CO ₂ v projektovaném důlním díle	(m^3s^{-1})
q_3	Celková exhalace oxidu uhličitého z pracovníků a ze strojů s naftovým motorem	(m^3s^{-1})
c_2	Přípustná koncentrace CO ₂ v projektovaném důlním díle	(%)

- c₃ Koncentrace CO₂ v průchodním větrném proudu (dále jen "PVP") před zaústěním lůtnového tahu do projektovaného důlního díla (%)

$$q_3 = \frac{0,09 \cdot n_1 + 33 \cdot n_2}{3600}$$

Kde je

- n₁ předpokládaný počet pracovníků
n₂ předpokládaný počet současně provozovaných strojů s naftovým motorem

$$q_3 = \frac{0,09 \cdot 3}{3600} = 0,000075 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$Q_{v_2} = \frac{0,000075}{1-0,1} \cdot 100 = \underline{\underline{0,008 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}}$$

c) Potřebný objemový průtok větrů pro ředění exhalace Rn

Požadovaná hodnota koncentrace radonu v obytném prostoru emisí být nikdy větší než referenční úroveň, která je od 1. 1. 2017 předepsána vyhláškou SÚJB č. 422/2016 Sb. jednotně pro nové i stávající prostory hodnotou 300 Bqm⁻³.

Hodnota referenční úrovně byla zvolena v souladu s mezinárodními předpisy. World Health Organization (WHO) doporučuje referenční úroveň 100 Bqm⁻³.

$$Q_{v_3} = \frac{p \cdot D_{Rn}}{1000 \cdot (c_{Rn} - c_{Vt})}$$

Kde je

- Q_{v3} Potřebný objemový průtok větrů (m³s⁻¹)
p Koefficient porušení radioaktivní rovnováhy (0,2 - 0,5)
D_{Rn} Předpokládanou exhalaci radonu (dále jen "Rn") v projektovaném důlním díle (Bqs⁻¹)
c_{Rn} Přípustnou koncentraci Rn v projektovaném důlním díle (Bqm⁻³)

c_{vt} Koncentraci R_n v PVP před zaústěním lůtnového tahu do (Bqm⁻³)
projektovaného důlního díla

$$Q_{v3} = \frac{0,5 \cdot 500}{1000 \cdot (100 - 95)} = \underline{0,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

d) Dodržení minimální rychlosti větrů na pracovišti

V popisu nové dobývací metody není popsán základní profil dobývky tedy spíše profil jednotlivých mezipatrových chodeb, ze kterých bude dobývání realizováno. Autor však uvažuje s profilem 6 m².

Potřebný objemový průtok je dán vztahem:

$$Q_{v4} = S v_n$$

Kde je

Q_{v4}	Objemový průtok větrů	(m ³ s ⁻¹)
S	Světlý průřez větraného díla	(m ²)
v_n	Střední rychlost větrního proudu	(ms ⁻¹)

Jestliže je minimální povolená rychlost větrů na pracovišti dle vyhlášky 22/89 Sb. 0,3 m³s⁻¹ tak potřebný objemový průtok bude:

$$Q_{v4} = 6 * 0,3 = \underline{1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

4.2.2 Stanovení potřebného objemového průtoku větrů pro odvětrání raženého důlního díla

Základní údaje, které jsou uvedeny v popisu nové dobývací metody a které souvisí se stanovením potřebného objemového průtoku větrů, jsou:

Personální obsazení - 2 razičské kolektivy (dvousměnný provoz a 4 os/směnu) 16 osob

Údaje o těžebním bloku - jednotlivé komíny budou od sebe vzdáleny 120 m

a) Potřebný objemový průtok větrů na počet lidí na pracovišti

$$Q_{v1} = Kn$$

Kde je

Q_{v1}	Potřebný objemový průtok větrů	(m ³ s ⁻¹)
----------	--------------------------------	-----------------------------------

- K Minimální množství vzduchu přiváděného na pracoviště musí být:
 25 m³h⁻¹ práce v sedě s lehkou manuální prací bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění
 50 m³h⁻¹ práce v sedě s lehkou manuální prací s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění
 70 m³h⁻¹ na osobu pro práci převážně vstoje a v chůzi
 90 m³h⁻¹ na osobu při těžké fyzické práci
 100 m³h⁻¹ na osobu při těžké fyzické práci + prach
- n Největší počet pracovníků v nejsilněji obsazené směně (ks)

$$Q_{v1} = 0,0278 * 4 = \underline{0,11 \text{ m}^3\text{s}^{-1}}$$

b) Potřebný objemový průtok větrů pro ředění exhalace CO₂

Jak již bylo stanoveno, na pracovišti budou 4 osoby, stroj budou na elektrický pohon a exhalace CO₂ se nepředpokládá. Potřebný objemový průtok je dán vztahem:

$$Q_{v2} = \frac{q_2 + q_3}{c_2 - c_3} \cdot 100$$

Kde je

- | | | |
|-----------------|--|------------------------------------|
| Q _{v2} | Potřebný objemový průtok větrů | (m ³ s ⁻¹) |
| q ₂ | Předpokládaná exhalace CO ₂ v projektovaném důlním díle | (m ³ s ⁻¹) |
| q ₃ | Celková exhalace oxidu uhličitého z pracovníků a ze strojů s naftovým motorem | (m ³ s ⁻¹) |
| c ₂ | Přípustná koncentrace CO ₂ v projektovaném důlním díle | (%) |
| c ₃ | Koncentrace CO ₂ v průchodním větrném proudu (dále jen "PVP") před zaústěním lůnového tahu do projektovaného důlního díla | (%) |

$$q_3 = \frac{0,09 \cdot n_1 + 33 \cdot n_2}{3600}$$

Kde je

- | | |
|----------------|--|
| n ₁ | předpokládaný počet pracovníků |
| n ₂ | předpokládaný počet současně provozovaných strojů s naftovým motorem |

$$q_3 = \frac{0,09 \cdot 4}{3600} = 0,0001 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$Q_{v_2} = \frac{0,0001}{1-0,1} \cdot 100 = \underline{0,011 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

c) Potřebný objemový průtok větrů pro ředění exhalace Rn

Požadovaná hodnota koncentrace radonu v pobytovém prostoru. Nesmí být nikdy větší než referenční úroveň, která je od 1. 1. 2017 předepsána vyhláškou SÚJB č. 422/2016 Sb. jednotně pro nové i stávající prostory hodnotou 300 Bqm⁻³.

Hodnota referenční úrovně byla zvolena v souladu s mezinárodními předpisy. WHO doporučuje referenční úroveň 100 Bqm⁻³.

Potřebný objemový průtok je dán vztahem:

$$Q_{v_3} = \frac{p \cdot D_{Rn}}{1000 \cdot (c_{Rn} - c_{Vt})}$$

Kde je

Q_{v_3}	Potřebný objemový průtok větrů	(m ³ s ⁻¹)
p	Koeficient porušení radioaktivní rovnováhy (0,2 - 0,5)	
D_{Rn}	Předpokládanou exhalaci radonu (dále jen “ Rn“) v projektovaném důlním díle	(Bqs ⁻¹)
c_{Rn}	Přípustnou koncentraci Rn v projektovaném důlním díle	(Bqm ⁻³)
c_{Vt}	Koncentraci Rn v PVP před zaústěním lůnového tahu do projektovaného důlního díla	(Bqm ⁻³)

$$Q_{v_3} = \frac{0,5 \cdot 500}{1000 \cdot (100 - 95)} = \underline{0,05 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}}$$

d) Potřebný objemový průtok větrů pro ředění zplodin po trhací práci

Pro stanovení potřebného objemového průtoku větrů bude použita standartní trhavina s množstvím konvenčního CO 0,04 m³kg⁻¹. Co se týká množství trhaviny, bude proveden propočet pro několik množství. Druhou proměnnou je čas potřebný k odvětrání díla. Propočet bude proveden na ventilátor Ø 630 mm který dosahuje objemového průtoku ventilátorem cca 6 m³s⁻¹, takže se ztrátami lze uvažovat na konci lůnového tahu cca 5 m³s⁻¹.

Potřebný objemový průtok větrů je dán vztahem:

$$Q_{v_{4F}} = \frac{0,349}{\tau} \sqrt[3]{A \cdot b \cdot S^2 \cdot L_{kr}^2}$$

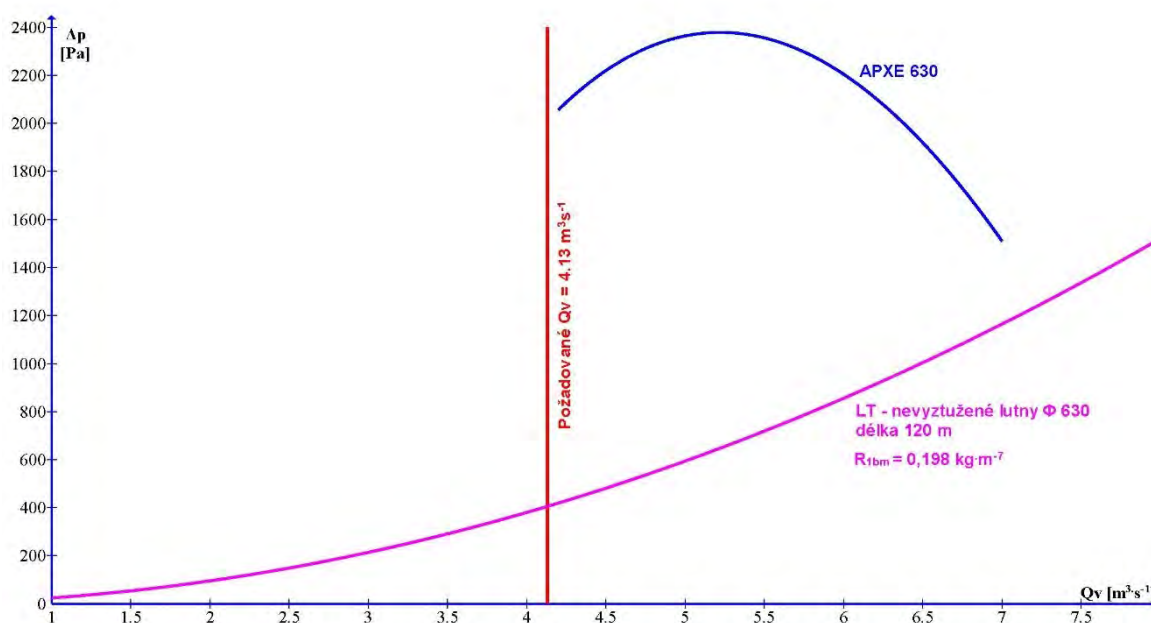
Kde je

$Q_{v_{3F}}$	Potřebný objemový průtok větrů	(m^3s^{-1})
A	Hmotnost odpálené trhaviny	(kg)
B	Množství konvenčního CO	($\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$)
S	Světlý průřez raženého větraného díla	(m^2)
τ	Doba potřebná k odvětrání zplodin po trhačí práci	(min)
L_{kr}	Délka větraného díla k úkrytu osádky	(m)

$$Q_{v_{4F}} = \frac{0,349}{5} \sqrt[3]{10 \cdot 0,04 \cdot 36 \cdot 14400} = 4,13 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

Tabulka č. 1 Propoččet na různé hodnoty hmotnosti trhaviny s ventilátorem Ø 630 mm:

Hmotnost trhaviny	(kg)	10	15	20	25	30	35	40	45
Doba potřebná k odvětrání	(min)	5	5	6	6	7	7	7	8
Potřebný objemový průtok	(m^3s^{-1})	4,13	4,73	4,34	4,67	4,26	4,48	4,68	4,26

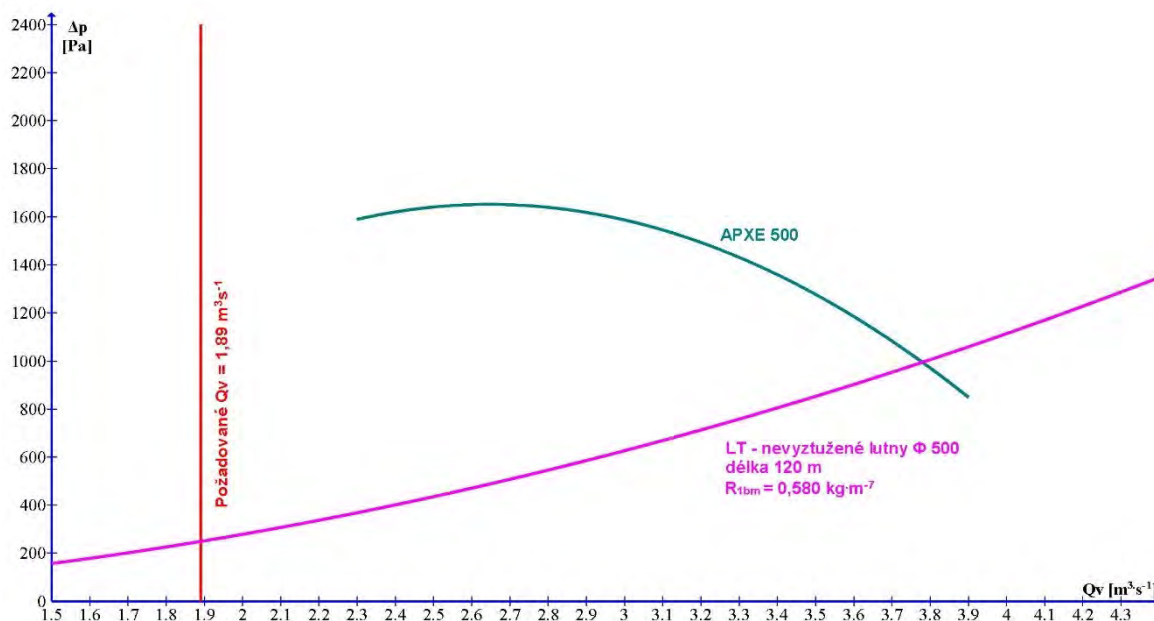


Obr. č. 5 LT 120 m - Ventilátor APXE 6300, Φ 630

Při použití ventilátoru \varnothing 500 mm, který má průtočné množství ventilátorem cca $2,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ takže se ztrátami lze uvažovat na konci lufnového tahu cca $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Tabulka č. 2 Propočít na různé hodnoty hmotnosti trhaviny s ventilátorem \varnothing 500 mm:

Hmotnost trhaviny	(kg)	10	15	20	25	30	35	40	45
Doba potřebná k odvětrání	(min)	11	12	13	14	15	16	17	18
Potřebný objemový průtok	(m^3s^{-1})	1,88	1,97	2,0	2,0	1,99	1,96	1,93	1,89



Obr. č. 6 LT 120 m - Ventilátor APXE 500, \varnothing 500

Z hlediska stanovení potřebných objemových průtoků větrů na dobývkách a pro ražbu nových děl bude uvažovat:

PRO VĚTRÁNÍ DOBÝVEK PŘI PVP

minimálně $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

PRO DOBÝVKY PŘI SEPARÁTNÍM VĚTRÁNÍ A PRO RAŽBY NOVÝCH DŮLNÍCH

DĚL minimálně $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

4.2.3 Potřeba objemových průtoků na ostatních chodbách

Pro stanovení potřebného objemového průtoku větrů platí jediná podmínka, a to že v PVP, kde bude umístěno sání lutnového ventilátoru, musí být minimálně o 30 % více než bude odebírat tento ventilátor.

Potom tedy platí $Q_p = Q_{vent.} \times 1,3 = 6,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

NA CHODBÁCH VE KTERÝCH BUDE UMÍSTĚNO SÁNÁNÍ LUTNOVÉHO VENTILÁTORU minimálně 6,5 m³s⁻¹.

4.3 Sestavení modelu větrní sítě pro potřeby propočtu a vyrovnání.

4.3.1 Postup pro sestavení modelu sítě:

- 1) Nakreslení přehledné důlní mapy, v měřítku podle skutečnosti, případně s dokreslením plánovaných důlních děl, která je nutno realizovat pro zahájení dobývání novou metodou.
- 2) Na vytvořené mapě důlních děl se označí čísla jednotlivé uzlové body. Za uzlový bod se považuje rozdělení nebo křížení chodeb, kde dochází k nárůstu nebo poklesu objemového průtoku větrů. Pokud se jedná o body blízké a dělení větrů není zásadní, lze jednotlivé kříže spojit do jednoho bodu.
- 3) Na základě takto očíslované mapy se provede překreslení důlní mapy do přehledného větrního schématu – kanonického schématu. Jednotlivé body tohoto schématu by měly postupovat souhlasně s nárůstem (u sacího systému větrání) a poklesem (u foukacího systému větrání). Jednotlivé větve se musí pro lepší orientaci očíslovat.
- 4) Po dokončení kanonického schématu bude vytvořena tabulka požadovaných, odměřených a propočtených hodnot.
Tabulka bude obsahovat:
 - a) Číslo větve – bude sloužit pro lepší orientaci
 - b) Čísla počátečního a koncového uzlového bodu příslušné větve. V kanonu mohou a jsou větve se stejným počátečním a koncovým bodem. Potom pro rozlišení slouží právě číslo větve.
 - c) Vzdálenost mezi jednotlivými uzlovými body odečtené podle měřítka z přehledné důlní mapy.
 - d) Profil jednotlivých důlních děl
 - e) Hodnoty R_{100} což je odpor 100 m úseku díla zjištěných z tabulkových hodnot. Nejlépe je čerpat z „typizační směrnice OKD“, případně z podkladů již proměřených děl nezahrnutých do Typizační směrnice.
 - f) Na základě odměřených délek důlních děl a stanovených R_{100} se provede propočet odporů jednotlivých důlních děl.

- g) Požadovaný objemový průtok větrů, který byl propočten podle stanovených parametrů (toto pouze u větví kde je požadován propočtený požadovaný minimální objemový průtok).

Pozn.: Doporučuje se do tabulky dělat poznámky, odkud jednotlivé hodnoty byly získány, pokud jsou získány jinak, než je popsáno.

4.3.2 Vyrovnání větrní sítě propočtem

Pozn.: větrní síť se chová stejně jako síť elektrická a platí pro ní Kirchhoffovy zákony:

I. zákon

Součet všech proudů (objemových průtoků) přitékajících do uzlu je v každém okamžiku roven nule. Proudů tekoucí do uzlu bereme se záporným znaménkem a proudy vytékající z uzlu s kladným znaménkem.

Zjednodušeně - Součet objemových průtoků vstupujících do uzlu se rovná součtu objemových průtoků z uzlu vystupujících

II. zákon

Součet napětí na všech prvcích (aktivních (zdrojů) i pasivních (rezistorů,...)) podél uzavřené smyčky je v každém okamžiku roven nule. Přitom napětí na rezistorech vyjadřujeme jako $U=RI$, kde R je odpor rezistoru a I proud jím protékající. Je-li smyčka orientována souhlasně se šipkou značící směr proudu nebo polaritu zdroje (zde šipka směřuje od + pólu k - pólu), bereme příslušný člen s kladným znaménkem, v opačném případě se záporným znaménkem.

Zjednodušeně - Součet tlakových ztrát v jednotlivých větvích se rovná celkovému tlaku vyvolaného ventilátorem.

Vyrovnávání větrní sítě je vlastně odporová transformace jednotlivých větví. Tedy transformace odporů sériových, paralelních a diagonálních.

Tato transformace lze provést ručně pomocí jednotlivých vzorců pro jmenované transformace jednotlivě řazených odporů. Dnes je ale přesnější a podstatně rychlejší použít některý počítačový program pro propočet a následné dorovnání sestrojené sítě.

Pro základní propočet do zvoleného programu doplníme požadované hodnoty a po spuštění programu nám vyjde výsledek, který zcela určitě po prvním zadání nebude odpovídat požadovaným parametrům.

Při zadávání větrní sítě je nutné zadat i fiktivní větve tedy propojení jednotlivých uzlových bodů končících na povrch do jednoho fiktivního bodu aby byla síť uzavřena.

Ventilátor HV je vhodné do sítě nejlépe zadat křivkou, nikoliv pouze tlakem, aby síť mohla provádět podle zadání a potom opravách po této křivce. Pokud se zadá pouze tlakem, nedochází ke změně celkového objemového průtoku větrů a změnám tlaku a vyrovnávání je složitější.

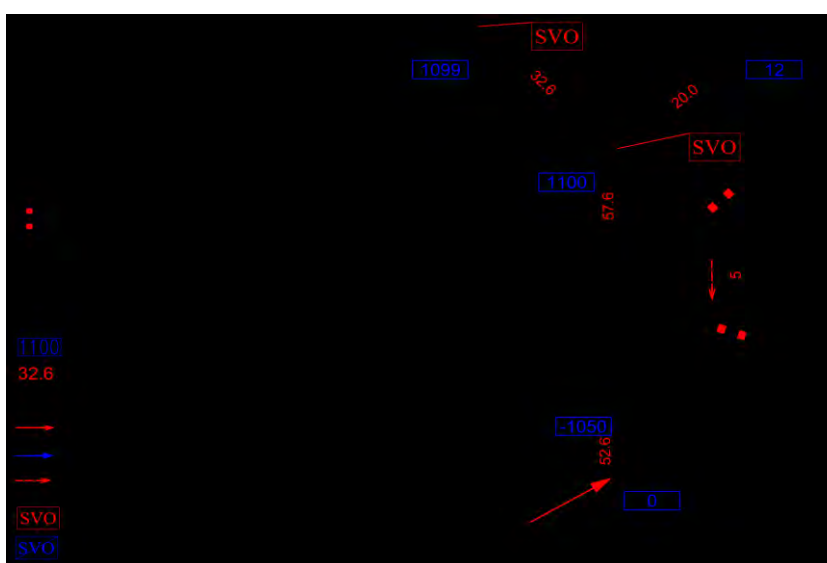
Postupně se musí celá síť vyrovnat, tak abychom dostaly požadovaný výsledek. Do sestavené sítě je nutno přidat do větví, kde je po prvním propočtu větší objemový průtok než je požadovaný, odpor, což bude představovat regulační a izolační dveře. V chodbách případně pracovištích, kde máme nedostatečný objemový průtok, je nutné zjistit, kde ve které větví máme vysoký odpor a co je nutné udělat, aby došlo k nápravě.

Pozn.: Při jednotlivých změnách je nutné postupovat postupně a nedělat hodně změn současně, mohlo by dojít ke zborcení sítě s tím, že výpočet je nereálný. Taktéž po provedení následných změn je nutno provést kontrolu již opravených větví, jelikož síť se chová jako celek a počítá vždy se všemi zadanými větvemi.

4.3.3 Vynesení vypočtených hodnot do kanonického schématu

Větrná síť dolu se skládá z jednotlivých větví, které se spojují a rozpojují v uzlových bodech větrné sítě. Zapojení větví za sebou či vedle sebe do jednoho okruhu propojujícího vtažnou a výdušnou jámu je smyčka. Každá větev je charakterizována počátečním a koncovým uzlovým bodem a číslem větve. Dále pak objemovým průtokem větví a tlakovým spádem mezi uzlovými body, z nichž vyplývá aerodynamický odpor větve. Uzlové body jsou označovány číslem v kroužku, k nim se přiřazují hodnoty celkového tlaku vepsané do obdélníků. Aerodynamické odpory jednotlivých větví je přehlednější uvádět v tabulkách.

V kanonickém schématu jsou větve definující průchodní větrný proud zakreslovány plnou čarou, jednotlivá zkratová propojení popř. zkratové systémy pak rovnou čarou přerušovanou po případě lomenou. Paralelní větrné proudy se vyjadřují obloukem, diagonální větrné proudy šikmými čarami, jejichž výškové umístění v kanonickém schématu větrné sítě musí charakterizovat směr proudění větrů.



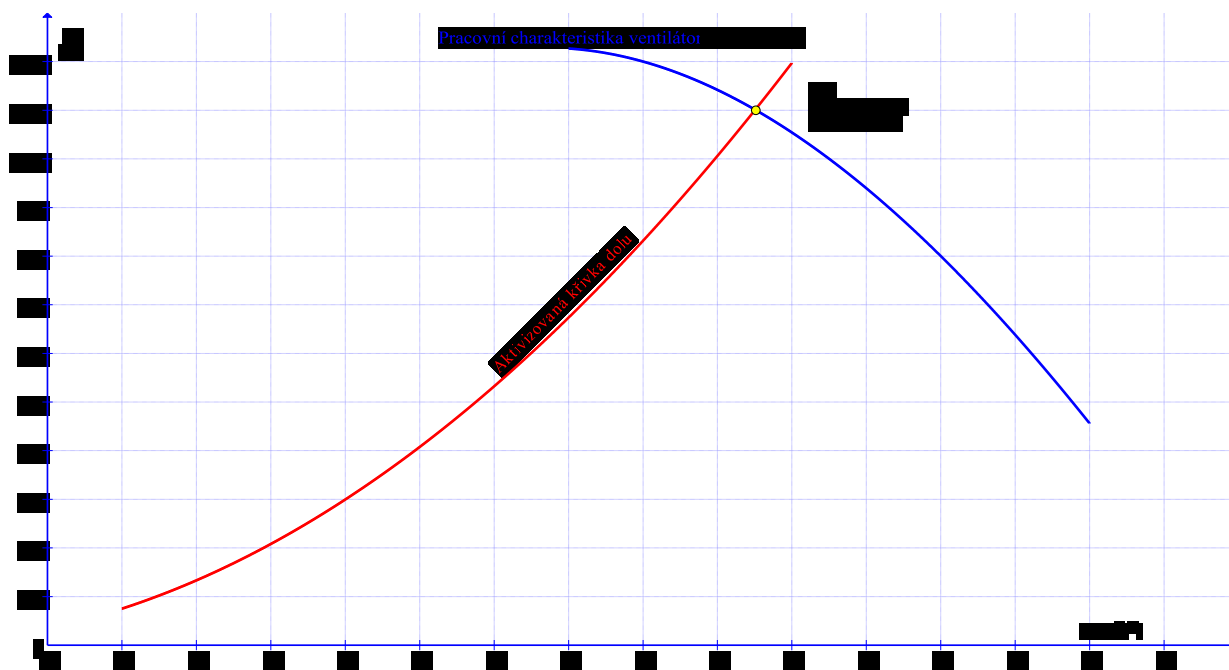
Obr. č. 7 Ukázka výřezu kanonického schématu dolu

4.4 Stanovení typu hlavního ventilátoru

4.4.1 Hodnocení provozu ventilátoru

Pro hodnocení provozu hl. ventilátorů používáme jejich pracovní charakteristiky, které oproti charakteristikám výrobním, měřeným ve zkušebním provozu výrobce, respektují reálný stav jejich umístění a provozu na výdušné jámě. Proměření provozních charakteristik požaduje bezpečnostní předpis minimálně v intervalu sedmi let resp. při podstatné změně jejich parametrů.

V pracovních charakteristikách všech hlavních ventilátorů musí být vyznačeno vyložení provozních bodů, odpovídajících provozu těchto ventilátorů v době měření tlakového snímku pro větrní rozvahu. Současně je nutno zohlednit vliv přirozeného tlaku (pokud je znám) ve větrní síti. Pokud je přirozený tlak nulový, leží provozní bod hlavního ventilátoru v průsečíku odporové křivky větrní oblasti s příslušnou křivkou pracovní charakteristiky. Pokud není nulový, je nutno jej stanovit výpočtem, přičíst či odečíst od celkového naměřeného tlaku vyvozeného hlavním ventilátorem a vynést včetně posunu provozního bodu hlavního ventilátoru do charakteristiky ventilátoru. Zhodnocení polohy provozního bodu vůči části křivky s nestabilním provozem je samozřejmostí. Vyložení provozního bodu v nestabilní části nebo mimo charakteristiku ventilátoru signalizuje nutnost stanovení okamžitých nápravných opatření ve snížení odporového zatížení ventilátoru. Neřešení této situace a další provozování ventilátorů je velmi riskantní a nezodpovědné. V konečném důsledku může vést k nekontrolovatelným vibracím stroje, rozpadnutí lopatkového soustrojí oběžného kola ventilátoru popřípadě odtrhnutí od základového podstavce a zhavarování.



Obr. č. 8 Příklad pracovní charakteristiky HV s vyloženým provozním bodem dolu a HV

Přirozené proudění důlních větrů (přirozený tlak) vzniká rozdílem specifických hmotností sloupců ovzduší v úvodních a výdušných jámách, který je způsoben

- autokompresí vzdušin (stlačování vlivem vlastní hmotnosti),
- přimísením plynů s menší nebo větší specifickou hmotností (např. metan) než vzduch, vlhkosti do důlního ovzduší,
- vlivem rozdílných teplot na specifickou hmotnost důlních větrů.

4.4.2 Stanovení konkrétních parametrů hlavního ventilátoru pro novou dobývací metodu.

Při volbě hlavního ventilátoru je nutné vyjít:

Z již propočtených potřebných parametrů určujících potřebné objemové průtoky v jednotlivých dílech dolu

- Potřebných objemových průtoků na pracovištích
- Potřebných objemových průtoků na ostatních chodbách

Celkovým propočtem a vyrovnáním větrní sítě dostaneme potřebné objemové průtoky v jednotlivých větvích a tlakovou ztrátu mezi jednotlivými uzly větrní sítě.

Výsledkem potom je získání celkové tlakové ztráty konfigurovaného dolu a potřebný objemový průtok v celé větrní síti.

Konkrétní zkonstruovaná větrní síť pro novou dobývací metodu Cut and Fill – dobývání v lávkách se zakládáním vyrubaného prostoru pro dotěžení zásob nad štolovým horizontem Český Krumlov (+ 500m n.m.), resp. otvírku nového patra na lokalitě Městský Vrch, popř. Lazec a Bíca má tyto parametry:

- Celková tlaková ztráta (potřeba) – 1100 Pa
- Celková potřeba objemového průtoků – $57,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Toto jsou hodnoty určující hlavní parametry hlavního ventilátoru. Jelikož se jedná o nově zřizovaný důl z pohledu větrání, jelikož staré zařízení bylo zcela zdevastováno, jednalo by se o výrobu nového ventilátoru.

Z kapitoly o posuzování hlavních ventilátorů víme, že rozhodující pro výběr HV je charakteristika ventilátoru. Charakteristika nově navrženého ventilátoru by měla pokrýt propočtené parametry potřeb větrní sítě a ventilátor by měl být provozován s alespoň 30% rezervou. Tato rezerva je potřebná i z hlediska optimalizace úspor při provozu z hlediska spotřeby el. energie.

Rezerva je odečítána z provozní charakteristiky ventilátoru, kterou je protnuta odporová křivka dolu. V bodě protnutí je tzv. provozní (nebo též pracovní) bod.

Provozní bod ventilátoru nám dává informaci o tom, jak velký objemový průtok větrů větrní oblastí je schopen sám ventilátor dopravit a jak velký podtlak, resp. přetlak při tom vyvine. Pokud by se provozní bod vlivem vzrůstajícího odporu pohyboval nahoru po křivce ventilátoru až na její konec (hranice stability), byl by ventilátor provozován v nestabilní části pracovní charakteristiky a hrozilo by reálné riziko jeho „pumpování“, což je jev, při kterém ventilátor nedopravuje konstantní objemový průtok větrů, ale objemový průtok větrů, který se skokově mění. Zjednodušeně se dá říci, že tento jev je způsoben tím, že ventilátor má snahu dopravit

jeho výkonu odpovídající množství vzduchu, ale není schopen překonat aerodynamický odpor otvoru (dolu), na který je nasazen. Provoz ventilátoru v nestabilní oblasti při „pumpování“ ventilátoru způsobuje chvění a rázy, které přináší vysoké riziko havárie ventilátoru.

5 Návrh řízení větrání

Návrh řízení větrání z hlediska optimalizace s ohledem na potřeby dolu a spotřebu elektrické energií, tedy energetické náročnosti větrání musí vycházet z potřeb dolu a z požadavků legislativy.

Radikální možností snížení energetické náročnosti větrání dolu je jeho provoz pouze ve směnách, kdy je důl obsazen pracovníky. Legislativa větrání neplynujících neuhelných dolů to umožňuje v ustanovení Vyh. 22/89 v § 118 odst. (2)

Důl musí být větrán uměle a v době, kdy jsou v dole lidé, nepřetržitě. Po zastavení větrání podle však musí být větrání včas spuštěno před konáním předběžných prohlídek, případně před obsazením pracovišť, není-li předběžné prohlídky třeba konat.

Základem pro optimalizaci větrání moderního dolu je možnost provádění potřebné regulace z centrálního místa tedy z dispečinku. Tato podmínka může být splněna pouze při dokonalé znalosti podmínek v dole a z možnosti ovládnutí jednotlivých regulačních prvků. Tuto informovanost lze zajistit důkladným

- ❖ monitoringem složení ovzduší,
- ❖ sledováním objemových průtoků
- ❖ sledováním tlakových ztrát

Optimalizace (řízení) větrání dolu lze rozdělit na:

- ❖ Regulace hlavního ventilátoru
- ❖ Regulace větrání na pracovištích
- ❖ Regulace větrání na ostatních chodbách

5.1 Regulace hlavního ventilátoru

Možnosti regulace ventilátorů jsou:

- škrcením

Provádí se nejčastěji klapkami, které jsou řazeny před nebo za ventilátor. Tímto způsobem dojde ke změně charakteristiky (místního odporu) větrací sítě a tím i ke změně provozního bodu. Z energetického hlediska je tato metoda regulace ztrátová.

- natáčením lopatek

Natáčení lopatek se provádí v sání radiálních ventilátorů s dozadu zahnutými lopatkami. Dojde ke změně charakteristiky ventilátoru a tím se sníží dopravní tlak a změní poloha provozního bodu ventilátoru.

- změnou otáček (nejčastější řešení)

Metoda změnou otáček je nejčastěji používaná v praxi. Je jednou z nejhospodárnějších metod regulace.

- ✓ Dva způsoby změny otáček:
 - s plynulou regulací
 - kmitočtová regulace otáček

Z hlediska energetické náročnosti je optimální. Lze ji použít pro všechny typy ventilátorů. Je prováděna plynulou regulací kmitočtu frekvenčními měniči. Regulace umožňuje regulovat průtok v plném rozsahu od 0 do 100%. Regulace je vhodná pro vyšší výkony ventilátorů.

- napěťová regulace otáček

Je založena na řazení odporu do obvodu rotoru (např. motory s kroužkovou kotvou) a tím na změně napětí. Regulace výkonu motoru může probíhat např. v 5-ti stupních, čemuž odpovídá 5 pracovních charakteristik ventilátoru. Napěťová regulace je vhodná pro ventilátory nižších výkonů, protože napěťová regulace je ztrátová.

- stupňovitou (skokovou regulací)

Je prováděno u víceotáčkových (dvou- nebo tří-otáčkových) motorů přepínáním počtu pólů u asynchronních motorů.

5.2 Regulace větrání na pracovištích

5.2.1 Regulace separátně větraných děl

U separátně větraných děl lze regulaci provádět stejně jak u hlavních ventilátorů. S ohledem na profil děl při užití nové dobývací metody se uvažuje s větráním pomocí lutnových ventilátorů o průměru 500 resp. 630 je regulace v podstatě zbytečná.

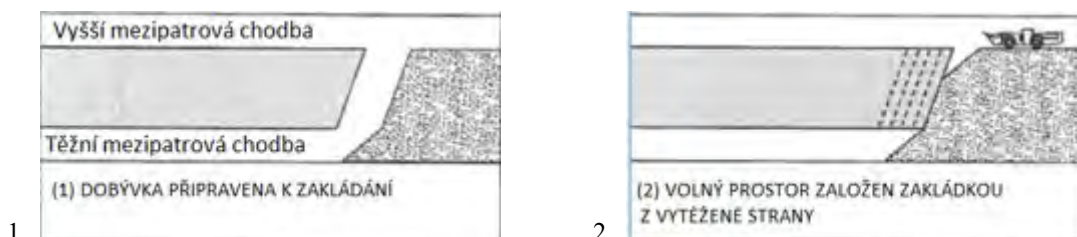
U těchto děl by se opět jednalo o přerušování chodu ventilátoru, což je opět umožněno legislativně ustanovením citované vyhlášky 22/89 v § 137 odst. (5)

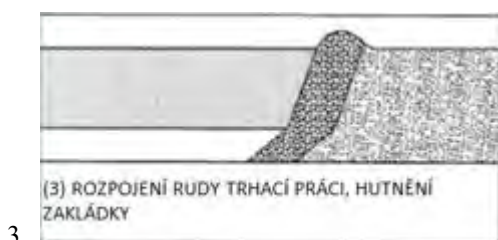
Separátní větrání musí být nepřetržité; přechodně může být zastaveno za podmínek, že dotyčné důlní dílo bude bezodkladně označeno zákazem vstupu, že separátní větrání bude před předběžnou prohlídkou nebo obsazením pracoviště včas spuštěno a že organizace provede vhodná bezpečnostní opatření k ochraně pracovníků, kteří by mohli být ohroženi plynými škodlivinami z ovětrávaného důlního díla.

Jednalo by se tedy v podstatě o regulaci skokovou.

5.2.2 Regulace větrání v dobývkách

Princip regulace větrání vychází z popsané metody dobývání





Jestliže dobývání rozdělíme do těchto 4 fází, tak ve fázi

- (1) Bude větrání zajištěno pomocí PVP.
- (2) U určité fázi zakládání dojde k přerušení PVP a musí být spuštěno separátní větrání.
- (3) Odvětrání po trhací práci bude zase pomocí separátního větrání.
- (4) V určité fázi odtěžování rud dojde k obnovení PVP.

Regulace jednotlivých fází větrání by spočívala v automatickém spuštění separátního větrání na základě měření objemového průtoku na pracovišti a v automatické regulace větrání ve vyšší mezipatrové chodby, která slouží pro zakládání vyrubaných prostor.

6 Srovnání „novosti postupů

Nově navržená dobývací metoda určená primárně k dotěžení zásob ložiska Český Krumlov – lokalita Lazec nad Krumlovským horizontem 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 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.

Základní metodika návrhu větrání vychází ze zkušeností z větrání dolů, které musí respektovat požadavky legislativy a to především vyhlášku ČBÚ č. 22/1989 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí.

Zcela novým prvkem, který vychází ze zvolené nové metody dobývání, kdy tato dobývací metoda může být prováděna v různých variantách. Rozpojování rudy je prováděno trhací práci, odtěžení pomocí přepravníkových nakladačů a zakládání z vyšší mezipatrové chodby je prováděno nejčastěji taktéž přepravníkovými nakladači. Aby se zamezilo znečištění těžené rudy základkovým materiálem je buďto prováděno hutnění základkového materiálu přímo pojezdem nakladače v kombinaci s TP, nebo oddělením základky a rozpojené rudy vhodným materiálem, např. gumovou pásovinou.

Novost navržené metodiky je ve střídání odvětrávání dobývky v návaznosti na průchodnost větrů dobývkou a to na větrání pomocí PVP a pomocí separátního větrání.

Dále se bude v nově navrženém způsobu větrání v maximální míře používat regulace větrání a to již od regulace Hlavního ventilátoru, přes regulaci PVP v jednotlivých důlních dílech až po regulaci separátního větrání. Pro tuto regulaci bude použito především důkladné monitorování ovzduší v dole a to jak jeho složení, tak i objemových průtoků.

7 Ekonomické aspekty

Ekonomický aspekt je v úsporách elektrické energie potřebné pro zajištění větrání dolu a potažmo i jednotlivých pracovišť. V popisu dobývací metody je stanovena dvousměnná pracovní doba. Odstavením hlavního ventilátoru a lůnových ventilátorů na dobu kdy není důl obsazen je úspora možno vyčíslit následovně:

Motor HV se předpokládá 75 kW ventilátory pro jednotlivá pracoviště budou s motory 22 kW. Pro výpočet úspor budeme uvažovat se současnou průměrnou cenou 4,28 Kč/kW. Pokud ventilátory budou provozovány v navrženém režimu, dojde k jejich odstavení minimálně na 6 hodin denně, bude úspora:

$75 + (4 \times 22) = 163 \text{ kW} \times 4,28 = 697,64 \text{ Kč / hod}$
 $697,64 \times 6 = 4\,185,84 \text{ Kč / den}$ a o volných dnech to bude $697,64 \times 24 = 16\,743,36 \text{ Kč / den}$. Jestliže budeme počítat s 21 pracovními dny v měsíci, potom úspora za všední dny bude činit $87\,902,64 \text{ Kč / měsíc}$ a $1\,054\,831,68$ za rok a za volné dny by to činilo $113 \times 16\,743,36 = 1\,891\,999,68 \text{ Kč / rok}$.

Celková úspora by tedy činila $1\,054\,831,68 + 1\,891\,999,68 = 2\,946\,831 \text{ Kč / rok}$.

Další úspora je za vypínání ventilátoru při dosažení PVP v dobývce. Tady ale nelze propočít provést s ohledem na to, že není stanovena doba jednotlivých pracovních cyklů u nové dobývací metody. Dále nelze stanovit úsporu při použití regulace hlavního ventilátoru pomocí frekvenčního měniče, jelikož HV dosud nebyl vyroben a ve výpočtu větrání se uvažuje pouze s teoretickou křivkou.

8 Popis uplatnění Certifikované metodiky

Tato metodika je úzce vázaná na nově navrženou dobývací metodu určenou primárně k dotěžení zásob ložiska Český Krumlov – lokalita Lazec nad Krumlovským horizontem. Další uplatnění je tedy vázáno na použití této nové dobývací metody. Otázka uplatnění regulace a řízení potřeb větrání na základě důkladného monitoringu důlního ovzduší lze uplatnit při jakémkoliv způsobu větrání podzemních děl.

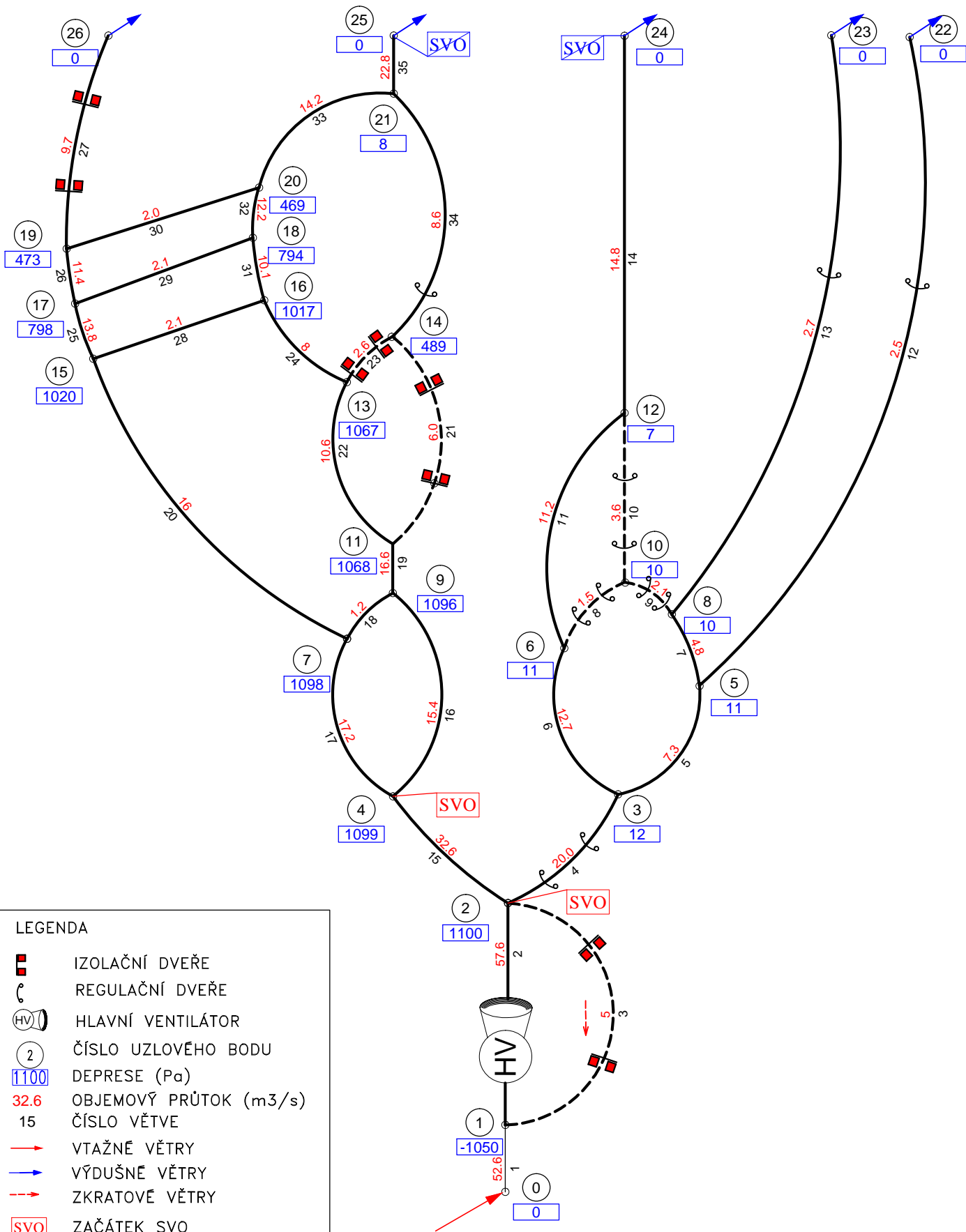
Další uplatnění této metodiky, resp. kapitoly 4 – konstrukce větrní sítě, je možno v obecné poloze v budoucnu použít pro podobné typy ložisek, na kterých byla ukončena hornická činnost, ale ložisko zůstalo přístupné. Jako příklad by šlo uvést ložisko ve Zlatých Horách.

9 Použitá literatura:

- [1] Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 sb., ze dne 29. prosince 1988 o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí ve znění pozdějších předpisů
- [2] Vyhláška ČBÚ č 165/2002 o separátním větrání při hornické činnosti v plynujících dolech
- [3] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- [4] SUCHAN, Libor. Důlní větrání v praktických příkladech. 2. přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968. Skripta SUCHAN
- [5] ŠÍŠKA, František. Banské vetranie. Bratislava: Alfa, 1993. Edícia baníckej literatúry. ISBN 80-05-01132-6.

10 Seznam publikací

- [1] Zapletal Pavel a Pavel Malíček: Stanovení minimálního objemového průtoku větrů ředění zplodin ze strojů z naftovými motory při HČ a ČPHZ, IX. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE „Strojní zařízení používaná při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jejich bezpečnost a nové trendy“, konané 4.-5. dubna 2019 v hotelu
- [2] Zapletal Pavel, Maciej Kosowski a Michal Vokurka: Updating the Aerodynamic Resistance for Subsurface Ventilation, GeoScience Engineering, VOL 65 NO 1 (2019), ISSN 1802-5420
- [3] Zapletal Pavel a Radek Rudický: The Ventilation Insruction Update, 9. Szkoła Aerologii Górniczej, 2017, ISBN: 978-83-7783-176-2,
- [4] Zapletal Pavel, Vlastimil Hudeček a Vitaly Trofimov: Effect of natural pressure drop in mine main ventilation, Archives of Mining Sciences. 2014, vol. 59, issue 2, p. 501-508, <http://dx.doi.org/10.2478/amsc-2014-0036>



LEGENDA

- IZOLAČNÍ DVEŘE
- REGULAČNÍ DVEŘE
- HLAVNÍ VENTILÁTOR
- ČÍSLO UZLOVÉHO BODU
- DEPRESE (Pa)
- OBJEMOVÝ PRÚTOK (m³/s)
- ČÍSLO VĚTVE
- VTAŽNÉ VĚTRY
- VÝDUŠNÉ VĚTRY
- ZKRATOVÉ VĚTRY
- ZAČÁTEK SVO
- KONEC SVO

PŘÍLOHA č.1: KANONICKÉ SCHÉMA

Propočet větrní sítě - Pčíloha č.2

Vet	Uz1	Uz2	R [kg.m ⁻⁷]	Q	Δp [Pa]	p1 [Pa]	p2 [Pa]	Pz [kW]	pz [%]
				[m ³ .s ⁻¹]					
1	0	1	0.00000	52.60	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
2	1	2	0.00000	57.60	0.0	0.0	0.000	0.0	1100.0
3	2	1	44.00000	5.00	1100.0	5500.0	8.681	1100.0	0.0
4	2	3	2.70853	20.04	1087.7	21796.8	34.403	1100.0	12.3
5	3	5	0.03172	7.30	1.7	12.3	0.019	12.3	10.6
6	3	6	0.01110	12.74	1.8	23.0	0.036	12.3	10.5
7	5	8	0.00595	4.78	0.1	0.6	0.001	10.6	10.5
8	6	10	0.01501	1.54	0.0	0.1	0.000	10.5	10.5
9	8	10	0.00273	2.10	0.0	0.0	0.000	10.5	10.5
10	10	12	0.25619	3.65	3.4	12.4	0.020	10.5	7.1
11	6	12	0.02745	11.20	3.4	38.5	0.061	10.5	7.1
12	5	22	1.67382	2.52	10.6	26.7	0.042	10.6	0.0
13	8	23	1.46213	2.68	10.5	28.1	0.044	10.5	0.0
14	12	24	0.03206	14.84	7.1	104.9	0.165	7.1	0.0
15	2	4	0.00070	32.56	0.7	24.2	0.038	1100.0	1099.3
16	4	9	0.01362	15.40	3.2	49.8	0.079	1099.3	1096.0
17	4	7	0.00582	17.16	1.7	29.4	0.046	1099.3	1097.5
18	7	9	1.08862	1.18	1.5	1.8	0.003	1097.5	1096.0
19	9	11	0.10307	16.58	28.3	469.9	0.742	1096.0	1067.7
20	7	15	0.30131	15.98	76.9	1229.4	1.940	1097.5	1020.6
21	11	14	16.02240	6.01	579.1	3481.2	5.494	1067.7	488.5
22	11	13	0.00330	10.57	0.4	3.9	0.006	1067.7	1067.3
23	13	14	85.48000	2.60	578.8	1506.1	2.377	1067.3	488.5
24	13	16	0.78283	7.97	49.7	395.9	0.625	1067.3	1017.6
25	15	17	1.16137	13.84	222.5	3080.7	4.862	1020.6	798.1
26	17	19	2.36137	11.74	325.5	3821.1	6.031	798.1	472.6
27	19	26	5.00000	9.72	472.6	4594.0	7.251	472.6	0.0
28	15	16	0.65660	2.14	3.0	6.4	0.010	1020.6	1017.6
29	17	18	0.75660	2.10	3.3	7.0	0.011	798.1	794.7
30	19	20	0.75660	2.02	3.1	6.2	0.010	472.6	469.5
31	16	18	2.18283	10.10	222.8	2251.5	3.554	1017.6	794.7
32	18	20	2.18283	12.21	325.2	3970.1	6.266	794.7	469.5
33	20	21	2.27982	14.23	461.3	6562.4	10.358	469.5	8.1
34	14	21	6.47550	8.61	480.5	4138.7	6.532	488.5	8.1
35	21	25	0.01547	22.84	8.1	184.3	0.291	8.1	0.0
36	22	0	0.00000	2.52	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
37	23	0	0.00000	2.68	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
38	24	0	0.00000	14.84	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
39	25	0	0.00000	22.84	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0
40	26	0	0.00000	9.72	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0

Ventilátor

Vet	charakteristika				provozní bod	
	A0	A1	A2	A3	Q _v	Δp_v
					[m ³ .s ⁻¹]	[Pa]
2	1100.0	0.000	0.00E+000	0.00E+000	63.4	1100.0

