

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

**Institut hornického inženýrství a bezpečnosti**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Ostrava 2013

Bc. Miroslav Pivko

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

**Institut hornického inženýrství a bezpečnosti**

**UZAVÍRÁNÍ ČERNOUHELNÝCH DOLŮ  
Z POHLEDU NÁSLEDNÉ TĚŽBY HOŘLAVÉHO  
ZEMNÍHO PLYNU**

**Closing of Coalmines from the Viewpoint of Subsequent  
Flammable Natural Gas Extraction**

**diplomová práce**

**Autor:**

Bc. Miroslav Pivko

**Vedoucí diplomové práce:**

prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.

**OSTRAVA 2013**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Miroslav Pivko**

Studijní program: N2111 Hornictví

Studijní obor: 2101T008 Hornické inženýrství

Téma: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu  
Closing of Coalmines from the Viewpoint of Subsequent Flammable Natural Gas Extraction

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Legislativní rámec
2. Báňsko – technické podmínky ložiska
3. Exhalace metanu do důlních větrů v průběhu likvidace dolu
4. Technická opatření spojená s úpravou degazačního systému v závěrečné fázi likvidace dolu
5. Návrh koncepce řešení úpravy degazačního systému s cílem následného hospodárného využití hořlavého zemního plynu

Závěr

Rozsah práce: 30 - 35 stran textu, 3 - 5 grafických příloh.

Seznam doporučené odborné literatury:

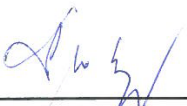
PROKOP, P.: *Plynodajnost a degazace*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 1990  
PROKOP, P.: *Důlní větrání a technika bezpečnosti*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 1987.  
GRYGÁREK, J., HUDEČEK, V.: *Základy hornictví*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 2003.  
ŠÍŠKA, F., OTÁHAL, A., PROKOP, P., SEDLATÝ, V.: *Báňské vetranie*. Alfa Bratislava, 1993.  
DOPITA, M. a kol.: *Geologie české části hornoslezské pánve*. MŽP Praha, 1997.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013

  
prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.  
vedoucí institutu

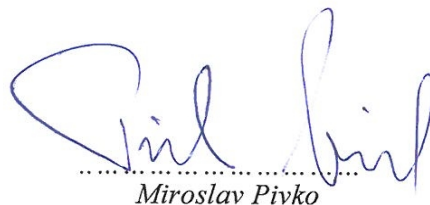


  
prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.  
děkan fakulty

## **Prohlášení**

- Celou diplomovou práci včetně příloh jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 - školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26. 04. 2013

  
.....  
Miroslav Pivko

## ANOTACE

Obsahem diplomové práce je hodnocení dosavadních zkušeností získaných v závěrečné fázi provozování důlní degazace a etapě jejího postupného přechodu k těžbě hořlavého zemního plynu vázaného na uhelné sloje a návrh obecných postupů směřujících k co nejefektivnějšímu využití energetického potenciálu uvedeného vyhrazeného nerostu. Činnosti vázané na tyto postupy, úzce spjaté s veškerými pracemi v celém průběhu likvidace černouhelného dolu od vyhlášení útlumu až po jeho definitivní likvidaci, musí také zajistit bezpečnost a plynulost provozu v rámci legislativních předpisů platných na území České republiky. Většina poznatků vychází z modelové situace Dolu Dukla, která je podrobněji dokumentována v této diplomové práci. Navrhované postupy lze aplikovat i na jiná ložiska hořlavého zemního plynu, mimo českou část hornoslezské pánve, spojená s výskytem černého uhlí přiměřeně jejich přírodním specifikacím.

**Klíčová slova:** důl, uzavírání černouhelných dolů, důlní bezpečnost, legislativa těžby důlního plynu, těžba plynu, důlní degazace, metan, OKR

## SUMMARY

The subject of this graduation thesis is to evaluate existing experience gained during the final stage of mine gas drainage operation and during its gradual transition towards the mining of coal mine methane located in the coal seams and suggestion of general procedures aiming towards the most effective exploitation of energetic potential of given reserved mineral. Activities related to these procedures are closely linked to all works throughout the disposal process of the carboniferous mine from the attenuation announcement up to its physical disposal. At the same time it needs to ensure safety and fluency of operation within the legislative regulations valid in the Czech Republic. Most of the findings results from the test case of Dukla mine which is described more in detail in this graduation thesis. Suggested procedures can be applied to other coal mine methane deposits situated outside the Czech part of Upper Silesian Basin which are connected with the presence of hard coal adequately to its natural characteristics.

**Key words:** underground mine, closing of coalmines, mining safety, legislation of flammable natural gas extraction, gas extraction, gas drainage, methane, Ostrava - Karvina coal basin.

# OBSAH

1	ÚVOD .....	1
2	LEGISLATIVNÍ RÁMEC .....	4
2.1	OBECNÝ RÁMEC .....	4
2.2	LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ K LOŽISKU HZP V ZDP DOLNÍ SUCHÁ I.....	5
3	BÁŇSKO – TECHNICKÉ PODMÍNKY LOŽISKA .....	6
3.1	GENEZE LOŽISEK HOŘLAVÉHO ZEMNÍHO PLYNU VÁZANÉHO NA UHELNÉ SLOJE .....	6
3.2	GEOLOGICKÁ STAVBA VÝHRADNÍHO LOŽISKA RYCHVALD V ZDP DOLNÍ SUCHÁ I .....	7
3.3	HYDROGEOLOGIE.....	9
3.4	HISTORICKÝ VÝVOJ PLYNODAJNOSTI DOLU .....	12
3.5	DEGAZAČNÍ SYSTÉM DOLU DUKLA V OBDOBÍ ÚTLUMU .....	13
3.6	VÝPOČET ZÁSOB HZP .....	15
4	EXHALACE METANU DO DŮLNÍCH VĚTRŮ V PRŮBĚHU LIKVIDACE DOLU .....	18
4.1	ETAPA TĚŽBY PŘEDCHÁZEJÍCÍ ÚTLUMU VĚTRNÍCH OBLASTÍ.....	18
4.2	ETAPA V PRŮBĚHU ÚTLUMU VĚTRNÍCH OBLASTÍ DOLU .....	20
4.3	ETAPA LIKVIDACE HLAVNÍCH DŮLNÍCH DĚL .....	21
4.4	STANOVENÍ ZBYTKOVÉ PLYNODAJNOSTI ZLIKVIDOVANÉHO DOLU.....	22
5	TECHNICKÁ OPATŘENÍ SPOJENÁ S ÚPRAVOU DEGAZAČNÍHO SYSTÉMU V ZÁVĚREČNÉ FÁZI LIKVIDACE DOLU .....	25
5.1	DEGAZAČNÍ ZDROJE .....	26
5.1.1	<i>Degazační vrtý</i> .....	26
5.1.2	<i>Degazace stařin</i> .....	26
5.1.3	<i>Degazační manžety a poklopy</i> .....	26
5.2	DÍLČÍ PLYNOVODY .....	26
5.3	HLAVNÍ PLYNOVODY .....	28
5.3.1	<i>Jáma zlikvidovaná zpevněným zásypem</i> .....	30
5.3.2	<i>Jáma zlikvidovaná nezpevněným zásypem</i> .....	31
5.3.3	<i>Jámy s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou</i> .....	34
6	NÁVRH KONCEPCE ŘEŠENÍ ÚPRAVY DEGAZAČNÍHO SYSTÉMU S CÍLEM NÁSLEDNÉHO HOSPODÁRNÉHO VYUŽITÍ HZP .....	35
6.1	DŮLNÍ ČÁST DEGAZAČNÍHO SYSTÉMU .....	35
6.2	POVRCHOVÁ ČÁST DEGAZAČNÍHO SYSTÉMU .....	40
6.3	MOŽNOSTI VYUŽITÍ HZP .....	43
7	ZÁVĚR.....	44

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>ČBÚ</b>	Český báňský úřad
<b>ČHP</b>	česká část hornoslezské pánve
<b>ČR</b>	Česká republika
<b>DD</b>	důlní dílo
<b>DDD</b>	dlouhé důlní dílo
<b>DN</b>	jmenovitý vnitřní průměr potrubí
<b>DP</b>	dobývací prostor
<b>DPB</b>	Green Gas DPB, a.s.
<b>HDD</b>	hlavní důlní dílo
<b>HZP</b>	hořlavý zemní plyn vázaný na uhelné sloje
<b>KDP</b>	karvinská dílčí pánev
<b>LDS</b>	lokální distribuční soustava Green Gas DPB, a.s.
<b>LVZ</b>	likvidační výpočet zásob
<b>m<sup>3</sup></b>	metr krychlový plynu / $p = 101\,325\text{ Pa}$ ; $T = 283,15\text{ K}$ /
<b>ODP</b>	ostravská dílčí pánev
<b>OKR</b>	ostravsko-karvinský revír
<b>p</b>	absolutní tlak plynu
<b>PDP</b>	petřvaldská dílčí pánev
<b>SVO</b>	samostatné větrní oddělení
<b>T</b>	termodynamická teplota plynu
<b>VO</b>	větrní oblast
<b>ZDP</b>	zvláštní dobývací prostor

## 1 ÚVOD

Úvod diplomové práce obsahuje základní faktografická data vtahující se hořlavému zemnímu plynu vázanému na uhelné sloje, který je situován v horninových strukturách ČHP. Následující kapitola je věnována legislativnímu rámci vymezujícímu okruh problematiky spojené s těžbou plynu v širším slova smyslu a dále pak konkrétním právním aktům souvisejícím s ložiskem HZP vázaného na uhelné sloje Rychvald ve ZDP Dolní Suchá I. V další části se zabývám báňsko-technickými podmínkami v dané části ložiska Rychvald, které mají přímý vliv na další možnou těžbu uvedeného vyhrazeného nerostu. Na základě analýz plynových poměrů uzavíraného dolu spolu s navrhovanými možnostmi konečné úpravy degazačního systému předkládám v závěrečných kapitolách návrh koncepce řešení úpravy uceleného systému sloužícího k efektivní těžbě plynu a současně uvádím technické možnosti jeho využití v energetických technologiích.

HZP v OKR, představující významný energetický potenciál, obsahuje jako základní spalitelnou složku metan, popřípadě jsou v minoritním množství zastoupeny některé vyšší uhlovodíky. Hornická činnost dobývání (dále jen těžba) HZP a jeho následné využívání je předmětem činnosti společnosti DPB od 90. let 20. století. Vedle této těžby je plyn geneticky vázaný na uhelné sloje odsáván důlní degazací na činných dolech při dobývání černého uhlí. Předkládaná diplomová práce se věnuje výhradně problematice těžby HZP z uzavřených dolů.

V roce 2011 byla realizována těžba HZP v celkovém objemu metanu 42,6 mil. m<sup>3</sup> v sedmi ZDP v členění uvedeném v tabulce č. 1.

Tab. č. 1 Těžba HZP v OKR v roce 2011

Zvláštní dobývací prostor	Těžba HZP (mil. m <sup>3</sup> )
Přívoz I	4,2
Heřmanice I	12,1
Michálkovice I	1,1
Paskov I	9,9
Horní Suchá I	8,2
Dolní Suchá I	5,0
Poruba I	2,1
Celkem	42,6

Uvedený objem plynu představuje ekvivalent energie ve výši přibližně 1 606 TJ, což odpovídá 446 GWh, takže pokud budeme vycházet ze zdrojů Energetického regulačního úřadu, který vykázal roční spotřebu zemního plynu v ČR za rok 2011 ve výši okolo 85 513 GWh, bylo by možné těmito zdroji HZP pokrýt dvoudenní průměrnou spotřebu plynu v ČR.



Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 2 Přehled těžebních zdrojů HZP

ZDP	Zdroj			Těžba 2011 (mil. m <sup>3</sup> )	
	název	blížeší specifikace	těžba od	zdroj	ZDP
Přívoz I	jáma Vrbice	hráz na 4. p.	2. Q. 1998	1,0	4,2
	jáma Koblov 5	degazační systém 8., 7. 4. p.	2. Q. 1998	0,5	
	jáma Koblov 5	volný prostor pod jámovou zátkou od 3. p.	4. Q. 1999	0,5	
	jáma OD-4	volný prostor pod jám. zátkou od 1. hor.	VIII. 2007	0,9	
	sonda V-3	vert do stařin	2. Q. 1998	0,9	
	sonda V-4	vert do stařin	VIII. 2009	0,4	
Heřmanice I	jáma He-2	volný prostor pod jámovou zátkou od 3. p.	2. Q. 1998	1,8	12,1
	jáma He-2	degazační systém 1., 2. 3. p.	2. Q. 1998	2,2	
	jáma Rychvald 4	volný prostor pod jámovou zátkou od 2. p.	1. Q. 1998	0,5	
	jáma Rychvald 4	degazační systém 2. p.	1. Q. 2000	0,0	
	jáma Rychvald 5	volný prostor pod jámovou zátkou od 3. p.	2. Q. 1998	1,4	
	jáma Rychvald 5	degazační systém 3., 4. p.	2. Q. 1998	4,3	
	sonda S-108	vert do stařin	2. Q. 1998	1,2	
	sonda S-109	vert do stařin	2. Q. 2006	0,6	
sonda He-5	vert do stařin	XII. 2008	0,1		
Michálkovice	sonda S-107	vert do stařin	XI. 2004	1,1	1,1
Paskov I	výdušná jáma Paskov	degazační systém 1., 2., 3.p.	1. Q. 2002	2,9	9,9
	vtažná jáma Paskov	volný prostor pod jámovou zátkou od 1. p.	1. Q. 2002	4,5	
	výd. jáma Řepiště	degazační systém 2., 3. p.	1. Q. 2002	0,7	
	výd. jáma Řepiště	volný prostor pod jámovou zátkou od 2. p.	2. Q. 2002	1,8	
Horní Suchá I	jáma F-1	potrubí do hl. 50 m - v zásypu jámy	2. Q. 2003	3,3	8,2
	jáma F-4	degaz. sys. 3. a 4 p. a na mezipatrech-530m,-670m	2. Q. 2003	2,0	
	jáma F-4	volný prostor pod jámovou zátkou od 3. p.	2. Q. 2003	2,9	
	sonda HS-4	vert do stařin	III. 2006	0,0	
	sonda HS-5	vert do stařin	IV. 2008	0,0	
Dolní Suchá I	výdušná jáma č. 1	volný prostor pod jámovou zátkou od 5. p.	XI. 2008	1,5	5,0
	výdušná jáma č. 1	degazační systém 5., 6. p.	XI. 2008	0,0	
	výdušná jáma č. 1	nízkoprocentní hráže 5. p. a ochozy 5. p.	XI. 2008	0,5	
	vtažná jáma 2	potrubí do 30 m pod ohlubňovou zátku	IX. 2010	1,4	
	výdušná jáma 3	potrubí do 30 m pod ohlubňovou zátku	IX. 2010	1,6	
Poruba I	sonda Po-1	vert do stařin	XI. 2011	0,4	2,1
	sonda Po-2	vert do stařin	XI. 2011	0,6	
	sonda Po-5	vert do stařin	XI. 2011	0,4	
	sonda Po-6	vert do stařin	XI. 2011	0,7	
Celkem				42,6	

## Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Těžba HZP je realizována prostřednictvím technologicky upravených zlikvidovaných HDD, nebo povrchových vrtů směřovaných do stařin po vydobytých uhelných slojích. Tabulka č. 2 podává přehlednou informaci o charakteru těžebních zdrojů a těžbách z nich. Koncentrace metanu se pohybuje v rozpětí od 30 % obj. (jáma OD-4) do 84 % obj. (jámy Paskov).

V roce 2011 bylo na těžební systémy napojeno 14 jam a 12 sond. Deset jam je opatřeno jámovými zátkami s volnými prostory pod nimi, přičemž v 11 jámách byly ponechány degazační plynovody s napojenými degazačními zdroji. Na 3 jámách je plyn těžen z propustného, porézního, nezpevněného zásypu. Na těžební systém bylo napojeno 12 sond, které jsou provedeny jako vrty určené pro účely těžby HZP a jsou vystrojeny pažnicemi s perforovanými úseky ve stařinách. Tabulka č. 3 dokladuje objemy těžeb plynu dle jednotlivých typů zdrojů a jejich procentuální podíl na celkové roční těžbě.

Tab. č. 3 Objemy těžby HZP podle typu zdroje

Typ zdroje	Těžba 2011	
	Objem (mil. m <sup>3</sup> )	Podíl (%)
Volný prostor	15,8	37,1
Degazační systém	14,1	33,1
Zásyp	6,3	14,8
Vrt	6,4	15,0
Celkem	42,6	100,0

Uvedené objemy těžeb v tabulkách nepředstavují maximální kapacity zdrojů, ale jsou výslednicí vývoje plynových parametrů těženého ložiska a komerčních zájmů v roce 2011. Těžený plyn je bezezbytku využíván k energetickým a teplárenským účelům a musí splňovat smluvní technické parametry potřebné pro provoz technologií spotřebitele.

Tab. č. 4 Početní členění zdrojů HZP

Typ zdroje	Počet zdrojů v těžbě	Průměrná těžba zdroje (mil. m <sup>3</sup> )
Volný prostor	9	1,8
Degazační systém	8	1,8
Zásyp	3	2,1
Vrt	10	0,6
Celkem	30	

Dlouhodobé zkušenosti se zajišťováním požadavků na objemy a kvalitu těženého plynu, včetně uvedené statistiky, poukazují na prioritní význam těžby HZP z jam, vybavených více potrubními řády, vyvedenými do různých zdrojových oblastí, s možnostmi

regulace těžby. Důležitost aktivního přístupu budoucího těžaře plynu k optimálnímu způsobu uzavírání jam bude v této diplomové práci dokumentována na příkladu likvidace jam bývalého Dolu Dukla.

## 2 LEGISLATIVNÍ RÁMEC

### 2.1 Obecný rámec

Ve znění §3 odstavec 1 písmeno b) zákona č. 44/1988 Sb. [6], je HZP zařazen mezi vyhrazené nerosty. Pojem hořlavý zemní plyn vázaný na uhelné sloje horní legislativa neuvádí, jedná se však o vyhrazený nerost, který spadá pod legislativní obecný termín hořlavý zemní plyn. Upřesnění o jeho vázanosti na uhelné sloje vznikl z praktických důvodů pro potřebu odlišení ložisek plynu vázaných na uhelné sloje od klasických ložisek plynu. V OKR vytváří HZP ložiska úzce spjatá s výskytem uhelné hmoty. Hranice ložisek je shodná s hranicemi DP pro černé uhlí. Ložiska tvoří nerostné bohatství ČR a jsou předmětem celostátní evidence stavu a pohybu zásob.

Ochrana ložisek HZP v OKR je zabezpečena stanovením chráněných ložiskových území Rychvald, Karviná-Doly a Paskov. Rozhodnutí vydaná Ministerstvem životního prostředí regulují aktivity, které by mohly mít negativní vliv na využití zásob HZP.

DPB získal pro těžbu HZP oprávnění stanovením ZDP v hranicích DP na černé uhlí. Označení „zvláštní dobývací prostor“ je zakotveno v horním zákonu [6]. Pokud je na existujícím DP stanoven další DP pro jiný vyhrazený nerost, je tento nový DP označen ZDP. Vlastní provádění hornické činnosti je možné až po povolení hornické činnosti obvodním báňským úřadem. V případě těžby plynu z uzavřených dolů se postupuje v souladu s přílohou č. 4 vyhlášky ČBÚ č. 104/1988 Sb., o hospodárném využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem [11], v platném znění. Těžba plynu je prováděna prostřednictvím vrtných sond nebo zlikvidovaných jam.

Realizace vrtů probíhá v první fázi jako průzkumná činnost v etapě těžebního průzkumu v souladu se zákonem č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, v platném znění a vyhláškou ČBÚ č. 239/1998 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při těžbě a úpravě ropy a zemního plynu a při vrtných a geofyzikálních pracích a o změně některých předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, v platném znění. Likvidace jam se řídí ustanoveními vyhlášky ČBÚ č. 52/1997 Sb. [10], kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl, v platném znění. Těžba plynu ze sond je prováděna podle vyhlášky ČBÚ č. 239/1998 Sb., v platném znění. Těžba plynu jámami je natolik specifická, že není zcela jednoznačné, kterým zákonným předpisem se má řídit. Nejedná se již o důlní degazaci a zároveň ji nedefinuje ani vyhláška ČBÚ č. 239/1998 Sb. Legislativní snaha o vytvoření předpisu pro těžbu plynu z likvidovaných jam na uzavřených dolech nebyla doposud ukončena. Situace v současnosti vypadá tak, že těžba je prováděna přiměřeně k obsahu platných právních norem vydaných ČBÚ, tj. vyhlášek č. 239/1998 Sb., č. 72/2002 Sb. [12], 392/2003 Sb. o bezpečnosti provozu technických zařízení a o požadavcích na vyhrazená technická zařízení tlaková, zdvihací a plynová při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem a č. 75/2002 Sb. o bezpečnosti provozu

elektrických technických zařízení používaných při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem v platných zněních.

Nepřímo realizaci vrtu nebo rozsah technické přípravy dolu pro budoucí těžbu ovlivňují i legislativní předpisy regulující obchodování s plynem. Komerční využitelnost těženého plynu je do značné míry dána jeho kvalitativními a kvantitativními parametry. Charakteristický pro těženou plynovou směs je regresní trend koncentrace metanu v čase, související s pozvolným poklesem plynodajnosti uzavřeného dolu. Obchodovatelná plynová směs musí dlouhodobě splňovat určité parametry, kterých může být dosaženo optimální lokalizací vrtu nebo aplikací vhodných opatření při likvidaci dolu.

## 2.2 Legislativní opatření k ložisku HZP v ZDP Dolní Suchá I

V roce 1993 vydalo Ministerstvo hospodářství České republiky osvědčení č.j. 710 421/93-73 pro ložisko Důl Dukla, číslo ložiska 070 800, pro vyhrazený nerost hořlavý zemní plyn vázaný na uhelné sloje. Výpočet zásob HZP provedla organizace Unigeo, a.s. se stavem k 1.1.1992. Evidencí stavu a pohybu zásob na ložisku byl v rámci skupiny OKD, a.s. pověřen DPB.

Realizace útlumu Dolu Dukla byla schválena rozhodnutím představenstva OKD, a.s. č. 713/2006 ze dne 28.2.2006 a probíhala následovně:

- |                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| - ukončení ražeb důlních děl         | 30.05.2006                        |
| - ukončení těžby                     | 31.12.2006 (skutečnost 31.3.2007) |
| - vyhlášení útlumu Dolu Dukla        | 01.01.2007                        |
| - ukončení likvidace důlní části     | 31.12.2008                        |
| - ukončení likvidace povrchové části | 31.12.2009                        |

Zahlazování následků hornické činnosti bude probíhat do konce r. 2017.

Před vyhlášením útlumu Dolu Dukla podala OKD, a.s. v červnu 2006 návrh na odpis zásob výhradního ložiska černého uhlí. Rozhodnutím Ministerstva průmyslu a obchodu ze dne 30.6.2006 byl odpis zásob potvrzen, čímž bylo převedeno 12 077 kt bilančních prozkoumaných volných zásob, 8 409 kt bilančních prozkoumaných vázaných zásob a 100 kt bilančních vyhledaných volných zásob do zásob nebilančních. LVZ černého uhlí byl proveden se stavem ke dni 1.1.2007, přičemž úbytek zásob dobýváním do konce března roku 2007 byl zohledněn.

DPB získal oprávnění k dobývání HZP rozhodnutím Obvodního báňského úřadu v Ostravě č.j. 5358/1999-465-Ing.Žu/MI ze dne 26.10.1999. V souladu s vnitřním usnesením OKD, a.s. DPB požádal o povolení hornické činnosti až po vyhlášení útlumu. Obvodní báňský úřad v Ostravě vydal povolení k těžbě HZP jámami Výdušná č. 1, Vtažná č. 2, Výdušná č. 2 a Výdušná č. 3 rozhodnutím č.j. S 0242/2008-5-Ing.Ny/Mc ke dni 10.10.2008.

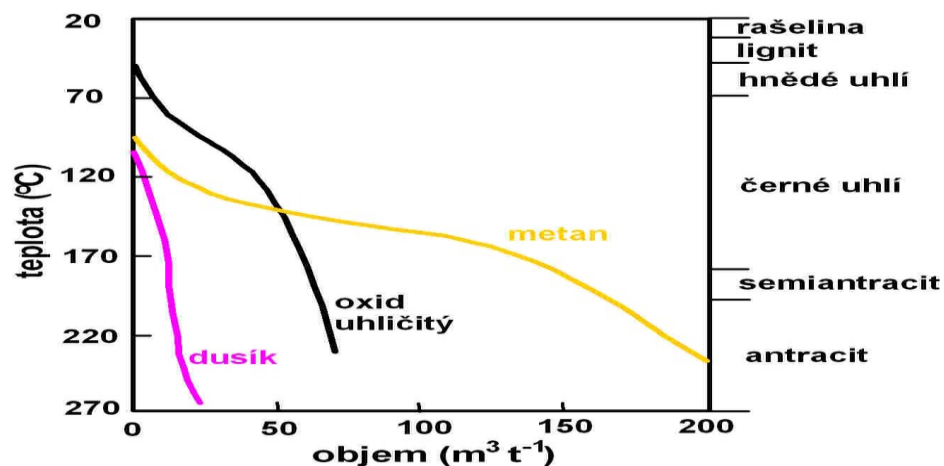
V roce 2010 byl proveden nový výpočet zásob HZP na ložiscích ČHP se stavem zásob k 1.1.2010. Rozhodnutím Ministerstva životního prostředí ČR č.j. 2924/660/11 ze dne 19.12.2011 byla jednotlivá ložiska HZP, definovaná v ODP, PDP a na uzavřených Dolech Dukla a František v KDP, administrativně sloučena do jediného výhradního ložiska Rychvald, č.l. 3266500.

### 3 BÁŇSKO – TECHNICKÉ PODMÍNKY LOŽISKA

Příprava likvidovaného černouhelného dolu pro potřeby budoucí těžby HZP vyžaduje v první fázi provedení geologického, hydrogeologického zhodnocení a plynové bilance ložiska a v druhé fázi navržení a realizaci opatření k využití plynového potenciálu s přihlédnutím ke geologickým a hydrogeologickým specifikacím.

#### 3.1 Geneze ložisek hořlavého zemního plynu vázaného na uhelné sloje

Těžba HZP vázaného na uhelné sloje je do značné míry ovlivněna formou výskytu plynu v uhelné hmotě a doprovodných jalových horninách. Proces tvorby uhelné sloje je od počátku doprovázen přítomností plynů v závislosti na stupni fyzikálně-chemických přeměn. Metan je uvolňován v různém množství již v procesu rašelinění (humifikace) ve vazbě na biochemické a chemické reakce probíhající v nekromase vyšších rostlin. V této fázi tvorby budoucí sloje platí „pravidlo neexistence stejných rašelin“, což znamená, že vlivem jedinečnosti procesů nemohly ve světě vzniknout dvě zcela stejná uhlí se zcela shodnou tvorbou plyných produktů. Následný proces prouhelňování nastává po překrytí biomasy další biomasou nebo sedimentem a může pokračovat v řadě lignit - hnědé uhlí - černé uhlí - antracit za rozmanitých tlakových a teplotních podmínek a v různém čase. Proces prouhelňování je ve svých dílčích etapách zásadní pro uvolňování plyných složek, včetně metanu. V generelu je možno tvorbu hlavních plyných složek při tvorbě uhelné sloje znázornit graficky na obrázku č. 1. Odhady množství metanu vzniklého v průběhu prouhelňovacího procesu se pohybují na úrovni  $100 - 300 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ , někteří autoři udávají až  $800 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ . V závislosti na složení uhlí je ve skutečnosti množství vyprodukovaného metanu v rozpětí  $150-200 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  uhlí.



Obr. č. 1 Tvorba hlavních plyných složek v průběhu prouhelňovacího procesu

Vzniklý plyn je z 90% sorbčně vázaný v mikropórech uhelné struktury, zbývající podíl se vyskytuje jako volný nebo rozpuštěný ve vodě v makropórech, trhlinách a puklinách, část plynu je vázána na uhelnou hmotu chemisorbčně.

Plynonosnost uhelné sloje je výsledkem jednak procesů, které formovaly uhelnou sloj v průběhu její tvorby (hloubka, dosažený stupeň prouhelňování, základní chemicko-

technologické vlastnosti, macerálové složení, charakter porézní struktury uhlí-propustnost), ale rovněž procesů, které následovaly bezprostředně v průběhu dalšího geologického vývoje (migrace plynu, erozní činnost na paleoreliéfu karbonu, přerušení sedimentace, tektonická pozice sloje, charakter pokryvných útvarů, anomální vývoj uhelných slojí-změna vlastností uhelných slojí vlivem výskytů pestrých vrstev nebo vulkanitů).

Ložisko HZP je primárně vymezeno výskytem uhelných slojí. HZP vznikl při tvorbě uhelných slojí a je s těmito slojemi geneticky spjat. Rozsah a tvar ložiska plynu kopíruje rozsah ložiska černého uhlí a prostorový tvar uhelných slojí. Procesy v geologickém vývoji uhelných slojí ovlivnily úniky menší části plynu z uhelných slojí a jeho redistribuci mimo tyto sloje v doprovodných horninách. Podle litologického charakteru a mocnosti pokryvných hornin byl plyn migrující karbonským masivem v geologickém čase zachytáván v dílčích morfologických elevacích karbonu (např. ložiska Stonava, Mitrovce) nebo unikal do atmosféry.

Významný vliv na sekundární redistribuci plynu mělo dobývání uhlí. Důsledkem hornické činnosti je destabilizace hydrodynamických poměrů v uhelné sloji doprovázená desorbci plynu do volných prostor dolu. Desorbovaný plyn, označovaný také jako důlní plyn, je směsí organických a anorganických plynů. Koncentrace metanu v důlním plynu je proměnlivá v rozmezí od několika procent po téměř 85 %.

### **3.2 Geologická stavba výhradního ložiska Rychvald v ZDP Dolní Suchá I**

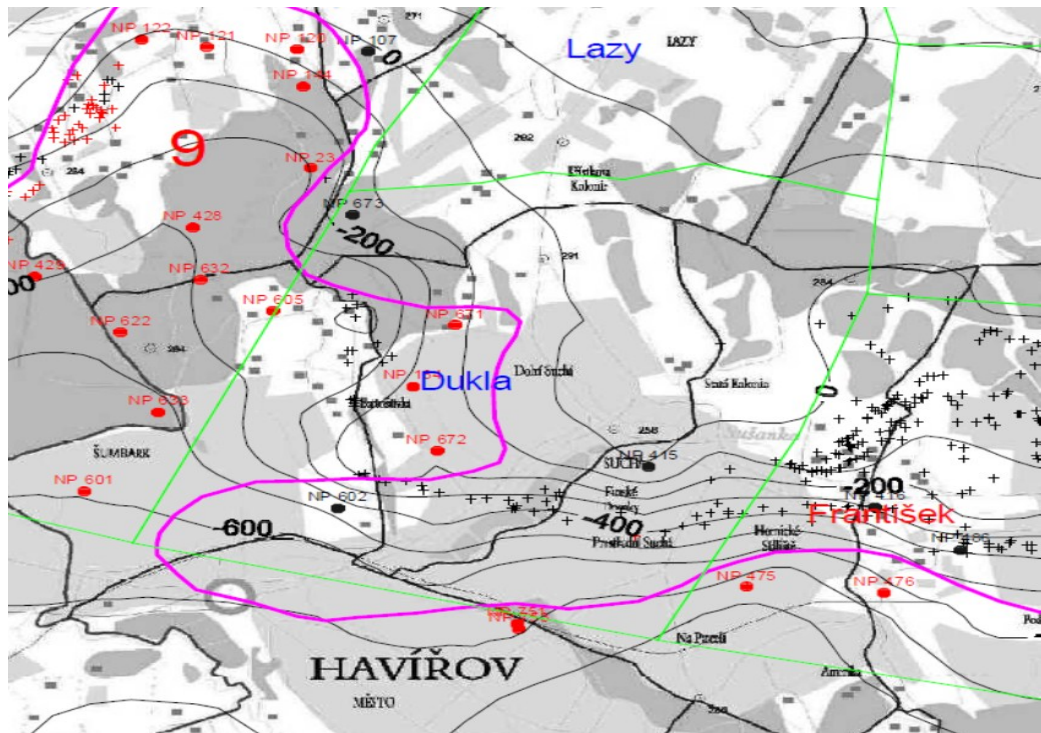
ZDP Dolní Suchá I je stanoven na jižním svahu ostravsko-karvinského hřbetu, východně od osy synklinály orlovské struktury, při západním okraji KDP a zaujímá rozlohu 1 139,65 ha.

Geologická stavba ZDP je zřejmá z příloh č. 1, 2 a 3. Pokryvné útvary jsou zastoupeny sedimenty kvartéru a terciéru, které tvoří souvislý pokryv na celé jeho rozloze, přičemž uhlonosný karbon nevystupuje na povrch.

Vzhledem k mocnosti a izolačním vlastnostem terciérních sedimentů nemají kvartérní zeminy žádný vliv na těžbu HZP a proto nebudou dále zmiňovány.

#### ***Terciér***

Mocnost terciérních (spodnobadenských) sedimentů narůstá ve směru severozápad-jihovýchod z 270 m až na 1100 m v závislosti na modelaci paleoreliéfu karbonu. Na paleoreliéf karbonu na západě a jihu ZDP nasedají bazální štěrkopísky (detrit) a příbřežní plážové písky, které jsou na západě zčásti osušené. Převládající část pokryvného útvaru tvoří hlubokovodní pelitická facie, zastoupena jednotvárným souvrstvím vápnitých jílovců a jílu s polohami jemnozrnného písku. Tyto sedimenty překrývají detrit nebo dosedají přímo na paleoreliéf karbonu. Pro těžbu HZP mají zásadní význam pro své izolační vlastnosti (koeficient filtrace se pohybuje řádově v rozmezí  $10^{-7}$  až  $10^{-8}$  m . s<sup>-1</sup>).



Obr. č. 2 Morfologie karbonského paleoreliéfu a hranice rozšíření spodnobadenských štěrkopísků a písků (fialová linie).

### **Paleoreliéf karbonu**

Relativní výška paleoreliéfu karbonu se zde pohybuje od +60 m n. m. na severu po -800 m n. m. na JV. Reliéf karbonu dlouhodobě podléhal působení geologických činitelů až do období terciéru. Západní svahy jsou skloněny pod úhlem  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  do dílčího výmolu na orlovské vráse. Výmol má tvar příkrého údolí směru cca sever-jih, otevírajícího se směrem k jihu, kde navazuje na bludovický výmol. Nejhlubší místo výmolu v prostoru ZDP je v jihozápadní části na kótě cca -630 m n.m. Jižní svahy jsou skloněny pod úhlem až  $40^{\circ}$  do bludovického výmolu, jehož nejhlubší část v prostoru ZDP je v jihovýchodní části na kótě cca -800 m n.m. Vrcholová partie paleoreliéfu karbonu má podobu plochého hřbetu, pozvolně stoupajícího pod úhlem  $5^{\circ}$  -  $7^{\circ}$  k severu do dobývacího prostoru Lazy.

### **Karbon**

Produktivní karbon (namur a westphal A) je zde zastoupen sedimenty karvinského a ostravského souvrství. Z karvinského souvrství je zachována bazální část svrchních sušských vrstev, spodní sušské a sedlové vrstvy. V ostravském souvrství byl ověřen vývoj porubských vrstev a svrchní části vrstev jakloveckých. Vrstvy hrušovské a peřtkovické nebyly zkoumány. V karbonském masivu se vyskytují nepravidelná tělesa pestrých vrstev.

Strukturně-tektonická stavba karbonského masivu je poměrně jednoduchá. Subhorizontálně uložené vrstvy jsou porušeny několika poklesy cca severojižního (severojižní porucha, Barbora) a západovýchodního směru (lazecká porucha, 1., 2. a 3. příčná porucha), o výšce skoku do několika desítek metrů. Sedimenty karbonu jsou mírně zprohýbány. V centrální části ZDP tvoří karbonské vrstvy plochou kotlinu cca

severojižního směru (sušská synklinála) a východně od ní souběžně probíhá osa sušského sedla.

### ***Karvinské souvrství***

Souvrství je tvořeno sedimenty kontinentální uhlonosné molasy s cyklickým opakováním slepenců, pískovců, prachovců, jílovců a uhelných slojí. V hodnoceném DP je souvrství zachováno v neúplné mocnosti v následně uváděném stratigrafickém členění.

Vrstvy svrchní sušské jsou tvořeny převážně jílovcí a prachovci, čímž se zásadně liší od starších jednotek karvinského souvrství. Vzhledem k synklinálnímu uložení je v severní části ZDP nad nejsvrchnější dobývanou slojí č. 0 zachováno ještě 6 neoznačených uhelných slojí, z nichž tři jsou vyvinuty v dobytelných mocnostech.

Vrstvy spodní sušské obsahují 16 dobytelných slojí a jsou budovány jílovcí a prachovci s polohami pískovců o mocnosti 2 až 4 m, které mezi slojemi č. X a č. XI tvoří kompaktní polohu o mocnosti až 15 m.

Sedlové vrstvy jsou silně ovlivněny plošnou erozí, která zde způsobila výrazný pokles uhlonosnosti (tzv. dukelský vývoj). Dobývány byly pouze 4 uhelné sloje. Charakteristické jsou výrazné polohy slepenců mocné zpravidla 30 – 45 m.

### ***Ostravské souvrství***

Pro sedimenty ostravského souvrství je charakteristické cyklické střídání pískovců, slepenců, prachovců, jílovců a uhelných slojí. V malé míře jsou zastoupeny jiné typy hornin. Mocnosti uhelných slojí jsou výrazně nižší než v karvinském souvrství. Vrstvy porubské jsou charakteristické rovnoměrným zastoupením jílovců, prachovců a pískovců, ojediněle slepenců.

## **3.3 Hydrogeologie**

V samotném ZDP Dolní Suchá I lze vymezit následující tři hydrogeologicky zásadní oblasti:

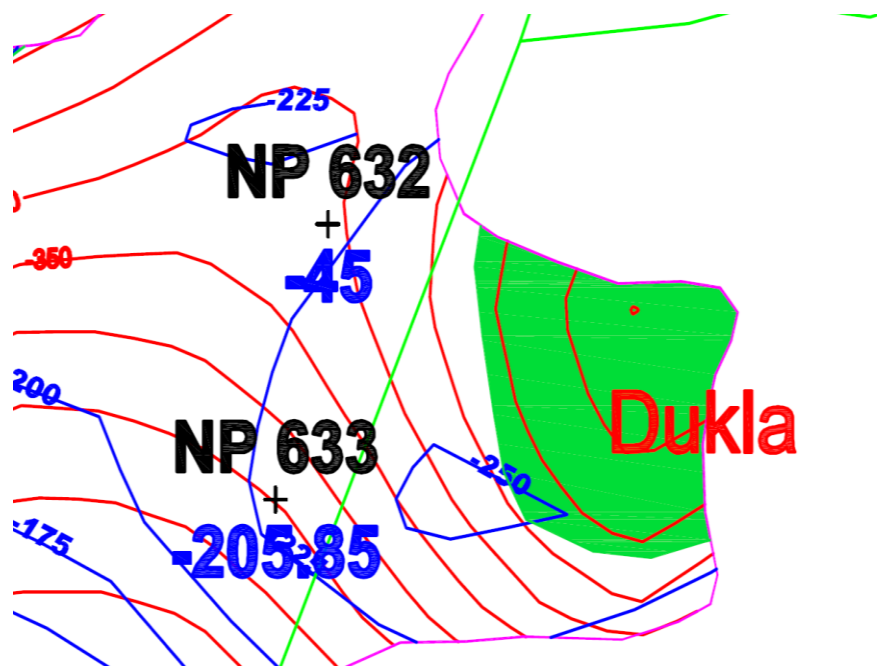
- oblast východního okraje dílčího výmolu na orlovské vráse na západě s rozsáhlým výskytem pestrých vrstev. Oblast byla v minulosti postižena značnými přítoky detritových vod a v současnosti je zčásti osušena,
- oblast severního okraje hlavního bludovického výmolu se zvodněným detritovým kolektorem s ložiskovým tlakem místy nad 6 MPa, nízkými přítoky vod a výskytem plynu pod tlakem,
- předpokládaný puklinový kolektor v osní linii sušského sedla dotovaný detritovou vodou z bludovického výmolu. Otvírka uhelných slojí porubských vrstev v jihovýchodní části ověřila existenci puklinového kolektoru v prostoru této osní linie v zámeckých slepencích.

Hlavní hydrogeologickou strukturou v ZDP je detritový kolektor v dílčím výmolu na orlovské vráse a v bludovickém výmolu. Původně představoval hydrogeologický systém s tlakově značně napjatou hladinou, zvodněný fosilní mořskou vodou. Kolektorské prostředí tvoří nezpevněné sedimenty s průlinovou propustností (štěrkořepky, hrubé štěrky a suťové brekcie). Existuje částečná hydraulická spojitost s nadložním kolektorem pelitické facie a pestrými vrstvami, a plná hydraulická spojitost s podložním zvětralinovým



pláštěm (s rozdílným typem propustnosti - detrit má průlinovou propustnost, zvětralinový plášť má propustnost puklinovou).

Hydrogeologické poměry v ZDP byly sekundárně silně ovlivněny dobýváním černého uhlí. Důlní díla a vlivy dobývání uhelných slojí, včetně hluboké hydraulické deprese vyvolané osušením horninového komplexu vlivem hornické činnosti, změnily přírodní geohydrodynamické systémy. Původní hydraulické systémy byly uměle propojeny přímo DD, nebo k propojení došlo zálomovými trhlinami nad poruby, závaly DD a podobně. V oblastech vzdálenějších od aktivní důlní činnosti a dobývacích prací mohou být původní hydraulické poměry ještě zachovány. Sekundárně vytvořený hydraulický systém je charakteristický propojením převážně puklinových karbonských kolektorů s průlinovými kolektory spodnobádenského pokryvu, především detritu. Historicky byl dokladován pohyb detritových vod z dílčího výmolu na orlovské vráse až na vzdálenost 3,3 km do dukelské jámy, z čehož 1,2 km připadalo na detrit a 2,1 km na puklinové a tektonické systémy karbonského masivu. Obrázek č. 3 zachycuje předpokládaný rozsah oblasti v detritu uloženém v dílčím výmolu na orlovské vráse, která byla osušena v důsledku porušení rovnováhy vlivy hornické činnosti (zelená plocha).



Obr. č. 3 Detritové pásmo v dílčím výmolu na orlovské vráse v oblasti Dolu Dukla.

### ***Přítoky důlních vod***

Hydrogeologická situace v ZDP je faktorem významně ovlivňujícím možnosti těžby plynu. Přítoky vody do důlních prostor nejsou příliš velké. Hlavními zdroji přítoků důlních vod jsou detritové kolektory v dílčím výmolu na orlovské vráse a bludovickém výmolu. Podružně se na přítocích podílí miocenní vody. Přítoky z kvartéru jak masívem tak přes jámy jsou bezvýznamné. Celkově je vodní bilance západní části ložiska výraznější než v jiných částech.

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 5 Průběh zatápění napojených degazačních zdrojů

Důlní dílo	Úroveň m n.m.	Období zatopení
překop 540	-300	nezatopeno
překop 531	-335	
třída 18 320	-300	
třída 18 322	-300	
překop 520	-300	
překop 510	-300	
překop 520	-375	
překop 810 100	-380	
<b>ustálená hladina důlních vod</b>	<b>-418</b>	říjen 2021
kříž 950 200/95 160	-426	
třída 81 131	-440	
třída 95 320	-445	
třída 95 345	-445	
kříž 610/57 520	-450	únor 2021
překop 620	-450	
kříž 620/61 222	-450	
překop 630	-450	
třída 81 228	-460	
třída 63 242	-502	leden 2015
překop 610	-510	
třída 63 242	-517	
třída 63 243	-527	
žumpovní překop 8. patro	-670	září 2008
překop 833-1	-800	
překop 833-2	-800	
třída 36 323	-780	

Hladina důlních vod po uzavření dolu trvale nastupuje. Důl Dukla tvoří spojené nádoby se sousedním uzavřeným Dolem František, a to přímým spojením překopem 20 631.4 na úrovni -668,8m n.m. Předpokládá se ustálení hladiny na úrovni -418m n.m. (mezi 5. a 6. patrem) a následný přetok důlních vod do uzavřeného Dolu Barbora přes stařiny ve sloji 40 (504) na hranici Dolů František a Barbora.

Předpokládaný výškový a časový průběh zatápění ZDP Dolní Suchá I je zachycen v tabulkách č. 5 a č. 6. Uvedené přítoky znamenají jejich intenzitu v daném výškovém intervalu, hlubší přítoky z důvodu hydrostatických tlaků postupně zanikají.

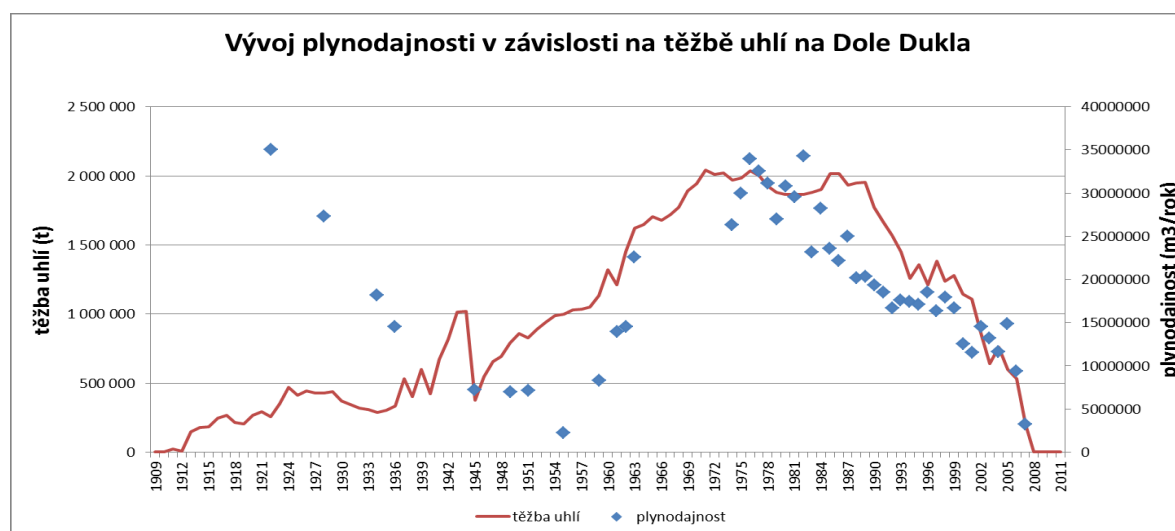
Tab.č. 6 Předpokládaný výškový a časový průběh zatápění ZDP

Výšková úroveň zatopení	Objem volných prostor	Přítoky v úrovni zatápění	Časový horizont zatopení
m n.m.	m <sup>3</sup>	l/s	zatopení
pod -670	210 279	9,0	březen 2008
-670	83 041	6,5	srpen 2008
-601	257 374	6,5	září 2011
-530	185 323	4,5	červen 2014
-500	75 495	4,0	duben 2015
-450	620 494	4,0	únor 2021
-418	65 000	4,0	říjen 2021
Celkem	1 497 006		

### 3.4 Historický vývoj plynodajnosti dolu

Údaje o plynodajnosti dolu v jeho počátcích jsou neúplné a nedopátratelné. Pro potřeby diplomové práce byla data o vývoji plynových poměrů na Dole Dukla uvedena v příloze č. 4 převzata z monografie „Uhelné hornictví v ostravsko-karvinském revíru“ z roku 2003 a z LVZ. Důl Dukla patřil mezi doly s proměnlivou plynodajností. Denní celková plynodajnost se pohybovala v rozmezí 19 040 – 84 300 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> . den<sup>-1</sup>, přičemž průměrná denní celková plynodajnost činila cca 42 500 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> . den<sup>-1</sup>.

Důlní degazace byla zavedena v roce 1974 napojením na degazační stanici Dolu František. Vlastní degazační stanice byla uvedena do provozu v roce 1977. V roce 1982 došlo ke zvýšení počtu vývěv RLP 62/73 ze tří na šest kusů s výslednou denní kapacitou 120 000 m<sup>3</sup> plynové směsi.



Obr. č. 4 Grafické zobrazení vztahů mezi roční plynodajností a výší těžby uhlí

Diagram v příloze č. 5 ukazuje vývoj relativní plynodajnosti na Dole Dukla v korelaci s hloubkou těžby uhlí, který byl zpracován z dostupných informací o vývoji plynových poměrů a dobývání černého uhlí. Křivka průběhu relativní plynodajnosti koresponduje se zonalitou rozmístění slojového metanu pro ložiska s nepropustným nadložím karbonu [5].

### 3.5 Degazační systém Dolu Dukla v období útlumu

Degazační systém byl tvořen degazační stanicí, potrubními řádami, degazačními zdroji a zařízeními používanými při důlní degazaci.

Jak již bylo uvedeno degazační stanice byla vybavena 6 ks vodokružných vývěv RLP 62/73 s celkovou štitkovou denní kapacitou 120 000 m<sup>3</sup> plynové směsi. V období útlumu byly provozovány maximálně 2 vývěvy. V roce 2006 degazační stanice vyvíjela relativní tlak na sání - 44,94 kPa a průměrná koncentrace metanu v degazované plynové směsi dosahovala 57,7 %. Relativní tlaky na sání v koncových bodech plynovodní sítě nepodkročily hodnotu - 5 kPa.

Délka degazačních plynovodů dosahovala celkem 9 385 m. Hlavní plynovod DN 300 délky 950 m byl veden Výdušnou jámou č. 1 z povrchu až po úroveň 8. patra. Dílčí plynovody v dimenzích DN 300 až DN 100 byly položeny na 5., 6. a 8. patře. Vyšší patra byla historicky zazděna u jam a pro důlní degazaci nebyla dlouhodobě využívána.

Degazační zdroje byly rozmístěny od úrovně pod 8. patrem až po 5. patro. Podle degazační rozvahy za rok 2006 bylo na degazační systém napojeno 54 degazačních vrtů a uzavřená důlní díla na 15 uzavíracích hrázích. Degazační systémy na patrech popisují tabulky č. 7 až 9.

Tab. č. 7 Degazační systém 5. patra (-300 m n.m.)

Větev	Trasa plynovodu	DN	Degazační zdroj (koncentrace metanu)
		mm	
společná	žumpovně překop	300	
trasa	překop č. 500	200	
J a S větve	překop č. 520	200	hráz č. XVI/504 - napojení sloje č. 495 v 1. poli (30%)
J	překop č. 510	100	hráz XVI/494 u kříže 510/16 591 (54 %) vyvedená k hrázi XVI/504 na překopu č. 520 napojení sloje 457 v 5. poli a 481 v 1. poli
S	překop č. 531	200	uzavřený překop č. 531 - hráz č. XVI/501 (40%)

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 8 Degazační systém 6. patra (-450 m n.m.)

Větev	Trasa plynovodu	DN	Degazační zdroj (koncentrace metanu)
		mm	
SZ	ochozy 6. patra	300	společný plynovod pro SZ a JZ větev
	překop č. 640	200	
	překop č. 600	200	
	překop č. 630	200	uzavřený překop č. 630 - hráz č.495/66, 2 degazační vrty (9 až 10 %)
	třída č. 95 345	100	uzavřená třída č. 95 345 - hráz č. 495/10 (35 až 60 %)
	třída č. 95 320	100	hráz 495/67 (53%)
JZ	ochozy 6. patra	300	společný plynovod pro SZ a JZ větev
	překop č. 620	300	uzavřená třída 950 200 - hráz č. 495/63 (53%) - napojeny 4 degazační vrty (85 - 98 %)
	překop č. 620	200	uzavřená třída 810 100 - hráz č. 481/132 (54%), 6 degazačních vrtů na kříži 620/81 228 (26 až 89 %), 5 degazačních vrtů na překopu č. 620 (56 až 70 %)
	překop č. 620	150	degazační vrty na kříži 620/61 222 (63 až 70 %)
	třída č. 61 220	150	omítané peření na třídě č. 61 220-2 č. 461/16, napojené 2 degazační vrty (10 až 12%)
	třída č. 63 242	100	uzavřená třída č. 63 242 - hráz č. 463/11, napojeno 5 degazačních vrtů (89 až 97 %) a ztracený plynovod
	třída č. 61 220-1	150	
	třída č. 63 243		uzavřená třída č. 63 243 - hráz č. 463/8 (20 %)
	třída 63 245	150	uzavřená třída č. 63 245 - hráz č.463/5, napojeny 3 degazační vrty
	J	překop č. 610	100

Úprava degazačního systému pro těžbu HZP v dole probíhala v období od vydání rozhodnutí představenstva OKD, a.s., o realizaci útlumu dolu, tj. od února 2006 až do ukončení fázování do dolu v červnu 2007. Záměrem úpravy bylo udržet trvalý provoz důlní degazace pro zajištění bezpečnosti na likvidovaných pracovištích v dole, při zásypu jam nezpevněným zásypem a zároveň zajištění využití degazačních zdrojů a plynovodů pro budoucí těžbu. Současně byla vedena jednání zástupců OKD, a.s. a DPB o změně způsobu likvidace jámy Výdušná č. 1. Původní záměr OKD, a.s. zasypat jámu nezpevněným materiálem po celé délce nevyhovovala potřebám těžby HZP. Zásyp nezpevněným materiálem vždy představuje riziko devastace využitelných potrubních tahů v jámě. Takto zlikvidované jámy jsou zpravidla vybaveny krátkým potrubím (do 100 m pod terén) a čerpaný plyn proudí zásypovým materiálem. Mezi stranami došlo k dohodě o vytvoření tzv. plynové jámy s jámovou zátkou v úrovni 5. patra a zásypem jámového stvolu nad ní zpevněným zásypem. Veškeré úpravy degazačního systému byly proto prováděny tak, aby se v maximální míře využily možnosti plynové jámy a byly tak eliminovány negativní vlivy postupného zatápění degazačních zdrojů.

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 9 Degazační systém 8. patra (-670 m n.m.)

Větev	Trasa plynovodu	DN	Degazační zdroj (koncentrace metanu)
		mm	
společná trasa	žumpovní překop	300	
	jížní ochoz	300	
SZ a SV větve	překop č. 800	300	po kříž př. 800/830
	překop č. 800	200	po kříž př. 800/833
SZ	překop č. 833	150	
	překop č. 833-1	150	
	překop č. 833-3	100	2 degazační vrty (70 %)
	překop č. 833-4	100	
	třída č. 36 340	100	uzavřená třída č. 36 340 - hráz č. 436/30, 4 vstříčné vrty pro degazaci porubu 36 311 (0 až 85 %)
SV	překop č. 840	150	
	překop č. 840/1	150	
	třída č. 36 460	150	uzavřená třída č. 36 460 - hráz č. 436/34, degazační vrt na třídě č. 36 421 (75%)
	třída č. 36 421	100	degazační vrt na třídě č. 36 421 (65%)
ochozy jam 8. patro	žumpovní překop	100	6 degazačních vrtů v remíze lokomotiv (10 až 42 %)
	náražní překop	100	
	jížní ochoz	100	7 degazačních vrtů v remíze lokomotiv (1 až 85 %)

### 3.6 Výpočet zásob HZP

DPB k 1.1.2010 provedl nový výpočet zásob HZP podle schválených podmínek využitelnosti. S ohledem na způsob výskytu HZP byly jako základ výpočtu zásob použity vypočtené a odhadnuté zásoby uhelné substance v hranicích ZDP Dolní Suchá I od mocnosti proslojků 1 cm od reliéfu karbonu do hloubky -1 400 m n.m. Zásoby byly stanoveny pro koncentraci metanu 100 % obj.

Podle stupně prozkoumanosti, znalosti úložních poměrů, jakosti a technologických vlastností HZP a báňsko-technických podmínek byly zásoby HZP rozděleny na zásoby vyhledané a zásoby prozkoumané. Za hranici mezi vyhledanými a prozkoumanými zásobami byla přijata hloubková úroveň nejhlubšího těžního patra Dolu Dukla -670 m n.m. Prozkoumané zásoby HZP jsou zásoby nad úrovní nejhlubšího těžního patra a vyhledané zásoby pod touto úrovní.

Podle přípustnosti k dobývání, která je obecně podmíněna technologií dobývání, bezpečností provozu a stanovenými ochrannými pilíři, byly zásoby HZP rozděleny na volné a vázané. Veškeré vypočtené zásoby HZP jsou s ohledem na charakter vyhrazeného nerostu považovány za volné a současně nejsou definovány vázané zásoby.

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Podle technických a ekonomických podmínek využití byly zásoby rozděleny na bilanční a nebilanční. Bilanční zásoby jsou využitelné v současnosti a vyhovují stávajícím technickým a ekonomickým podmínkám využití. Nebilanční zásoby jsou v současnosti nevyužitelné, protože nevyhovují stávajícím technickým a ekonomickým podmínkám využití, ale jsou podle předpokladu využitelné v budoucnosti s ohledem na očekávaný technický a ekonomický vývoj. Jako bilanční zásoby HZP byly definovány veškeré zásoby nad úrovní zatopení Dolu Dukla. V případě Dolu Dukla se předpokládá, že hladina vody bude průběžně stoupat až na úroveň -418 m n.m. V době provádění výpočtu zásob byla výšková úroveň zatopení dolu předpokládána na -660 m n.m. Veškeré zásoby HZP pod touto úrovní byly klasifikovány jako zásoby nebilanční.

Plynonosnost uhelných slojí, která představuje množství plynu sorpčně vázaného v porézni struktuře uhelné sloje, byla stanovena metodikou U. S. Bureau of Mines, podle níž je plynonosnost tvořena součtem ztrátového, kontinuálního a zbytkového odplynů:

$$PN = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1),$$

kde:

PN	celková plynonosnost uhelné sloje	/m <sup>3</sup> . t <sup>-1</sup> /
P <sub>1</sub>	ztrátový plyn, tj. objem plynu, který unikne z uhelné sloje před uzavřením do kontejneru	/m <sup>3</sup> . t <sup>-1</sup> /
P <sub>2</sub>	kontinuální plyn, tj. objem plynu naměřený v průběhu kontinuální desorpce	/m <sup>3</sup> . t <sup>-1</sup> /
P <sub>3</sub>	zbytkový plyn, tj. objem plynu uvolněný z uhelné struktury po jejím podrcení a následné desorpci	/m <sup>3</sup> . t <sup>-1</sup> /

S ohledem na hloubkovou úroveň nejnižšího těžního patra -670 m n.m. byly pro výpočet zásob HZP použity dvě hodnoty PN, a to:

PN<sub>N</sub> – plynonosnost uhelné hmoty nad úrovní -670 m n.m.,

PN<sub>P</sub> – plynonosnost uhelné hmoty pod úrovní -670 m n.m.

Tab .č. 10 Hodnoty plynonosti uhelné hmoty

Plynonosnost							
PN <sub>N</sub>	PN <sub>P</sub>	P <sub>1N</sub>	P <sub>1P</sub>	P <sub>2N</sub>	P <sub>2P</sub>	P <sub>3N</sub>	P <sub>3P</sub>
(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> )
2,004	1,672	0,349	0,206	1,188	0,931	0,466	0,536

Množství HZP libovolné kategorie zásob v ploše ZDP bylo stanoveno jako součin hmotnosti a plynonosnosti uhlí.

$$Q_{HZP} = M_U \times PN \quad (2),$$

kde:

Q <sub>HZP</sub>	zásoby HZP určité kategorie v ploše	/ m <sup>3</sup> /
M <sub>U</sub>	zbytkové zásoby uhlí v ploše	/ t /
PN	plynonosnost uhelné hmoty	/ m <sup>3</sup> . t <sup>-1</sup> /

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Jako vytěžitelné zásoby byly definovány zásoby HZP, u nichž je vzhledem ke způsobu vázání na uhelnou hmotu možné předpokládat jejich uvolnění z porézni struktury samovolnou desorpčí nebo vynuceným podtlakem. S odkazem na metodiku USBM pro stanovení plynonosti uhelných slojí je takto stanovené množství plynu a tím i množství vytěžitelných zásob obsaženo v součtu ztrátového a kontinuálního odplynu ( $P_1+P_2$ ).

Tab .č. 11 Stav zásob HZP v ZDP Dolní Suchá I k počátku roku 2010

Bilanční		Nebilanční		Prozkoumané		Vyhledané		Vytěžitelné	Geologické
prozkoumané	vyhledané	prozkoumané	vyhledané	bilanční	nebilanční	bilanční	nebilanční		
tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>	tis. m <sup>3</sup>
276 128	0	5 198	90 080	276 128	5 198	0	90 080		
276 128		95 278		281 326		90 080		210 027	371 406

V kontextu s daty uvedenými v tabulce č. 5 a prováděnou těžbou HZP dochází k úbytku zásob HZP a současně zatápění zásob uhlí se sorbčně vázaným metanem. V letech 2010 – 2011 bylo vytěženo cca 12 083 tis. m<sup>3</sup> metanu. Předpokládaný úbytek vytěžitelných HZP zatápěním zbytkových zásob uhlí dokumentuje tabulka č. 12.

Tab .č. 12 Úbytek vytěžitelných zásob HZP v ZDP Dolní Suchá I vlivem zatápění

Kóta	Tonáž zbytkových zásob č. uhlí (kt)	Úbytek zásob HZP (tis. m <sup>3</sup> )
-670 m	2 595	5 198
-601 m	15 303	30 667
-530 m	18 416	36 910
-450 m	20 750	41 583
-418 m	5 664	11 351
Celkem	62 728	125 709

Celkový předpokládaný úbytek vytěžitelných zásob HZP ke konci roku 2011 způsobený těžbou a zatápěním činil 47 948 tis. m<sup>3</sup> a tedy předpokládané zbytkové vytěžitelné zásoby k uvedenému datu mohly představovat 162 079 tis. m<sup>3</sup>. Uvedený objem vytěžitelných zásob však nezahrnuje plyn, pocházející z detritu a tektonických poruch, pro jejichž stanovení nejsou dostupné relevantní informace.



## 4 EXHALACE METANU DO DŮLNÍCH VĚTRŮ V PRŮBĚHU LIKVIDACE DOLU

Hlavním zdrojem metanu v průběhu celé životnosti dolu až po fázi jeho likvidace a následné etapy těžby HZP, bývají dobývané a následně ovlivněné sloje poruby, případně raženými DD. V průběhu ražby překopů může docházet i k anomálním metanovým exhalacím, které mají zpravidla svůj původ z větší míry v tektonických poruchách, případně v bodových zdrojích. Kromě těchto produktivních děl, vytvářejí podmínky pro vznik plynného metanu i tzv. DD neproduktivní, mezi která můžeme řadit např. zásobníky, trafostanice, žumpovní překopy. Zpravidla tato DD jsou funkčně využívána po dobu delší než je životnost okolních porubů a navazujících důlních tříd a lze tedy považovat objem metanu exhalovaného těmito díly za tzv. zbytkovou plynodajnost činného dolu  $PD_{zbc}$ .

### 4.1 Etapa těžby předcházející útlumu větrných oblastí

Důlní exhalaci rozumíme stálé a pozvolné uvolňování plynných složek z kolektorských hornin, případně důlních vod do důlního ovzduší, které jsou následně odváděny v důlních větrech HDV. Celková exhalace dolu je stanovena z výsledků měření celkového výdušného proudu na výdušné jámě. Zpravidla je uváděna v  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  a prochází vývojem v průběhu jednotlivých etap likvidace dolu.

Pro následné stanovení zbytkové plynodajnosti činného dolu je možné využít metodu komplexní plynové bilance [1], která se skládá z interpretace plynových analýz jednotlivých pracovišť spolu s plynovou analýzou celého dolu.

**Plynová analýza jednotlivých pracovišť** se provádí na všech činných pracovištích dolu. Nejprve stanovíme exhalaci všech činných porubů a DDD, ve kterých probíhá ražba, na základě příčného profilu DD a změřených hodnot koncentrace metanu a rychlosti důlních větrů ze vztahu pro jednotlivá pracoviště:

$$E_{p,l} = (c_2 \cdot S_2 \cdot v_2 - c_1 \cdot S_1 \cdot v_1) \cdot 864 \quad (3),$$

kde:	$E_{p,l}$	- exhalovaný objem metanu z porubu nebo DDD	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
	$c_1$	- koncentrace metanu na vtažné straně DD	/ $CH_4$ % obj./
	$c_2$	- koncentrace metanu na výdušné straně DD	/ $CH_4$ % obj./
	$S_1$	- plošný obsah příčného profilu DD v místě měření na vtažné straně	/ $m^2$ /
	$S_2$	- plošný obsah příčného profilu DD v místě měření na výdušné straně	/ $m^2$ /
	$v_1$	- rychlost proudění důlních větrů na vtažné straně	/ $m \cdot s^{-1}$ /
	$v_2$	- rychlost proudění důlních větrů na výdušné straně	/ $m \cdot s^{-1}$ /

V případě, že DD je degazováno, přičtením degazovaného množství plynu k exhalaci získáme skutečnou absolutní plynodajnost důlního díla.

$$PD_{p,l} = E_{p,l} + Pd_{deg,p,l} \quad (4),$$

kde:	$PD_{p,l}$	- skutečná absolutní plynodajnost z porubu nebo DDD	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
	$E_{p,l}$	- vypočtený exhalovaný objem metanu z porubu nebo DDD	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
	$Pd_{deg,p,l}$	- degazovaný objem metanu z oblasti porubu nebo DDD	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

**Plynová analýza celková za důl** se provádí na základě výsledků měření na všech výdušných HDD daného dolu a ze záznamů vedených na degazačních stanicích. Tato analýza vyjadřuje celkovou absolutní plynodajnost dolu a je rovna součtu exhalovaného objemu metanu výdušnými jámami a objemu metanu odsátého degazační stanicí dolu.

$$PD_c = \Sigma E_{jam} + Pd_{deg} \quad (5),$$

kde:

$PD_c$	- skutečná absolutní plynodajnost dolu	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
$E_{jam}$	- objem metanu exhalovaný výdušnou jámou	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
$Pd_{deg}$	- objem metanu odsátý degazační stanicí	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /

Po ukončení veškerých razicích a dobývacích prací dochází pozvolna k postupné konsolidaci horninového masívu ovlivněného hornickou činností. Pro časovou etapu, v jejímž průběhu dochází k postupnému uzavírání jednotlivých oblastí a jejíž konec můžeme vymezit dobou ukončení větrání a provozu důlní degazace a úplnou likvidací HDD, stanovíme tzv. zbytkovou plynodajnost činného dolu. Za zbytkovou plynodajnost činného dolu ( $PD_{zbc}$ ) je považován součet plynodajností všech neproduktivních děl, tedy těch, ve kterých se netěží ani nerazí čelby. Udává se v  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  a její číselné vyjádření odpovídá potenciálně objemu metanu, který by se, v případě ukončení hornických prací, uvolňoval i nadále z části horninového masívu ovlivněného hornickou činností.

$$PD_{zbc} = \Sigma E_{jam} + Pd_{deg} - \Sigma E_{p,l} \quad (6),$$

kde:	$PD_{zbc}$	- zbytková plynodajnost činného dolu	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
	$E_{jam}$	- objem metanu exhalovaný výdušnou jámou	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
	$Pd_{deg}$	- objem metanu odsátý degazační stanicí	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /
	$E_{p,l}$	- vypočtený exhalovaný objem metanu z poruby nebo DDD	/ $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ /

Tab. č. 13 Zbytková plynodajnost Dolu Dukla v průběhu posledního roku těžby

DŮL DUKLA	celková degazace	celková exhalace jam	exhalace provozovaných důlních děl	zbytková plynodajnost činného dolu	Poznámka
	$Pd_{deg}$	$\Sigma E_{jam}$	$\Sigma E_{p,l}$	$PD_{zbc}$	
	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	
01/2006	13 457	23 356	16 576	20 237	
02/2006	15 196	22 830	16 921	21 105	
03/2006	16 848	25 140	20 048	21 940	
04/2006	23 269	28 260	21 511	30 018	
05/2006	19 608	32 908	19 488	33 028	
06/2006	14 729	25 820	6 388	34 161	konec ražeb
07/2006	13 052	22 980	5 610	30 422	
08/2006	15 700	23 150	0	38 850	
09/2006	13 059	23 521	1 518	35 062	
10/2006	15 688	23 450	12 038	27 100	
11/2006	19 420	22 870	10 976	31 314	
12/2006	13 524	21 650	10 127	25 047	konec dobývání

Ze zaznamenaných hodnot exhalace jam a celkové degazace byly vypočteny z uvedených vztahů objemy exhalací provozovaných DD a následně celková výše zbytkové plynodajnosti činného Dolu Dukla, jak je znázorněno v tabulce č. 13.

Zbytková plynodajnost činného dolu bývá zpravidla nejvyšší v období po ukončení důlních činností, které ovlivňovaly bezprostředně horský masív až do doby zahájení likvidace jam. Obrázek č. 5 představuje grafické znázornění jednotlivých faktorů, které se podílejí na celkové plynodajnosti dolu v průběhu těžby dolu, přičemž použité symboly odpovídají textu.

$\Sigma E_p$	$\Sigma E_l$	exhalace neproduktivních děl	$Pd_{deg}$
$\Sigma E_{jam}$			$Pd_{deg}$
$PD_c$			

Obr. č.5 Schématické členění plynodajnosti dolu na exhalaci a degazaci v etapě těžby

## 4.2 Etapa v průběhu útlumu větrných oblastí dolu

Vzhledem k tomu, že v tomto období již nejsou provozována žádná produktivní DD, je zbytková plynodajnost činného dolu tvořena součtem exhalace neproduktivních děl a objemu metanu odsátého degazační stanicí. V průběhu ukončování větrání jednotlivých utlumovaných VO dochází ke snižování objemu kontrolovaně odváděného metanu z podzemí a současně úměrně tomu nastává jeho postupná kumulace v uzavíraných důlních prostorech.

$$PD_{zbc} = \Sigma E_{jam} + Pd_{deg} \quad (7),$$

kde:  $PD_{zbc}$  - zbytková plynodajnost činného dolu /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /  
 $E_{jam}$  - objem metanu exhalovaný výdušnou jámou /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /  
 $Pd_{deg}$  - objem metanu odsátý degazační stanicí /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /

Tab. č. 14 Vývoj exhalace a celkové degazace Dolu Dukla v průběhu útlumu VO

DŮL DUKLA	celková degazace	celková exhalace jam	exhalace provozovaných důlních děl	zbytková plynodajnost činného dolu	Poznámka
	$Pd_{deg}$	$\Sigma E_{jam}$	$\Sigma E_{p,l}$	$PD_{zbc}$	
	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	
01/ 2007	13 122	20 830	-	33 952	
02/ 2007	11 885	25 080	-	36 965	
03/ 2007	11 294	25 885	-	37 179	
04/20 07	11 793	26 179	-	37 972	
05/ 2007	13 404	26 179	-	39 583	
06/ 2007	13 158	25 782	-	38 940	
07/2007	9 236	25 626	-	34 862	ukončení čerpání důlních vod

Z větrných výkazů zaznamenávajících exhalace jam a z objemu metanu obsaženého v celkové degazaci jsem pomocí vztahu (7) vypočetl zbytkovou plynodajnost Dolu Dukla, která je uvedena v tabulce č. 14.

V důsledku výrazných změn režimu větrání, v průběhu tohoto období, je možné pozorovat pozvolný nárůst celkové exhalace na výdušných jamách doprovázený mírným poklesem objemu důlní degazace, který je spojován s faktem, že není možné plně regulovat degazační zdroje situované v uzavíraných oblastech. Dalším negativním činitelem ovlivňujícím výši důlní degazace je nutnost realizace rekonstrukcí jednotlivých dílčích důlních plynovodů v důsledku postupu uzavírání dolu. Obrázek č. 6 představuje grafické znázornění jednotlivých faktorů, které se podílejí na celkové plynodajnosti dolu v průběhu postupného útlumu VO.

exhalace neproduktivních děl	$P_{d_{deg}}$
$\Sigma E_{jam}$	$P_{d_{deg}}$
$PD_{zbc}$	

Obr. č. 6 Schématické členění plynodajnosti dolu na exhalaci a degazaci po ukončení těžby

### 4.3 Etapa likvidace hlavních důlních děl

V průběhu této etapy, jejíž počátek je možné datovat do období od uzavření horizontálních DD v místech před jejich zaústěním do HDD až po úplnou likvidaci těchto DD ústících na povrch. Tím je ukončena činnost důlní degazace a následné období je již definováno jako těžba HZP ve stanoveném ZDP.

Tab. č. 15 Vývoj exhalace a celkové degazace Dolu Dukla v průběhu likvidace HDD

DŮL DUKLA	celková degazace	celková exhalace jam	zbytk. plynodajnost činného dolu	Poznámka
	$P_{d_{deg}}$	$\Sigma E_{jam}$	$PD_{zbc}$	
	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	$m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$	
08/2007	6 943	6 000	12 943	zahájení likvidace jam
09/2007	7 216	520	7 736	ukončení sypání jam č. 2 a č. 3
10/2007	8 146	630	8 776	plavení jámy Výdušná č.1
11/2007	9 452	690	10 142	poškození plynovodu v jámě č. 1
12/2007	7 944	580	8 524	ukončena oprava plynovodu
01/2008	7 853	570	8 423	
02/2008	8 943	580	9 523	
03/2008	12 474	560	13 034	
04/2008	11 925	540	12 465	
05/2008	11 190	500	11 690	
06/2008	12 526	480	13 006	
07/2008	12 186	500	12 686	
08/2008	13 384	450	13 834	
09/2008	14 612	0	14 612	
10/2008	13 343	0	13 343	ukončení důlní degazace

Z obsahu tabulky č. 15, která dokumentuje plynové poměry Dolu Dukla v průběhu likvidace jam, je patrný razantní pokles exhalace měřené na výdušné jámě bezprostředně po zahájení likvidace jam. Nižší hodnoty celkové degazace v počátku této etapy jsou zapříčiněny nemožností regulace dílčích plynovodů na jednotlivých patrech v důsledku jejich zneprůstřednění. V dalším období této etapy dochází k postupnému zániku exhalace na výdušné jámě a postupnému nárůstu důlní degazace až k objemům srovnatelným s objemy celkové degazace z období ukončení dobývání.

#### 4.4 Stanovení zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu

Po likvidaci HDD představuje součet celkové plynodajnosti uhelných slojí a průvodních kolektorských hornin tzv. zbytkovou plynodajnost uzavřeného dolu ( $PD_{zbl}$ ), jejíž hodnota je uváděna v  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$ . Její celkový objem odpovídá součtu exhalace metanu vystupujícího z důlních prostor na povrch a celkového odsávaného množství metanu prostřednictvím odsávacích stanic.

$$PD_{zbl} = E_p + Pd_{od} \quad (8),$$

kde:  $PD_{zbl}$  - zbytková plynodajnost zlikvidovaného dolu /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /  
 $E_p$  - objem exhalovaného metanu z důlních prostor na povrch /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /  
 $Pd_{od}$  - objem metanu odsávaného odsávací stanicí /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /

Z důvodu nemožnosti měřit objem exhalovaného metanu z důlních prostor zlikvidovaného dolu, vychází se při odborném odhadu primárně z hodnoty exhalace neproduktivních důlních děl před ukončením hornické činnosti a předpokládaného snížení zbytkové plynodajnosti, která je funkcí času od zastavení provozu dolu.

$E_p$	$Pd_{od}$
$PD_{zbl}$	

Obr. č. 7 Schématické členění zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu

Z dosavadních poznatků získaných v ČHP potřebných pro stanovení zbytkové plynodajnosti zlikvidovaných černouhelných dolů, lze definovat tyto základní ovlivňující faktory:

- přírodní a zbytková plynonosnost uhlí ponechaného v dole
- prostorové vymezení odplyňovacího prostoru
- zatápění důlních prostor
- stupeň utěsnění dolu ve vazbě na okolní horninové prostředí
- komunikace (nucené odsávání) a samovolná migrace důlního plynu
- časová charakteristika poklesu zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu
- biologické procesy probíhající v již uzavřeném dole

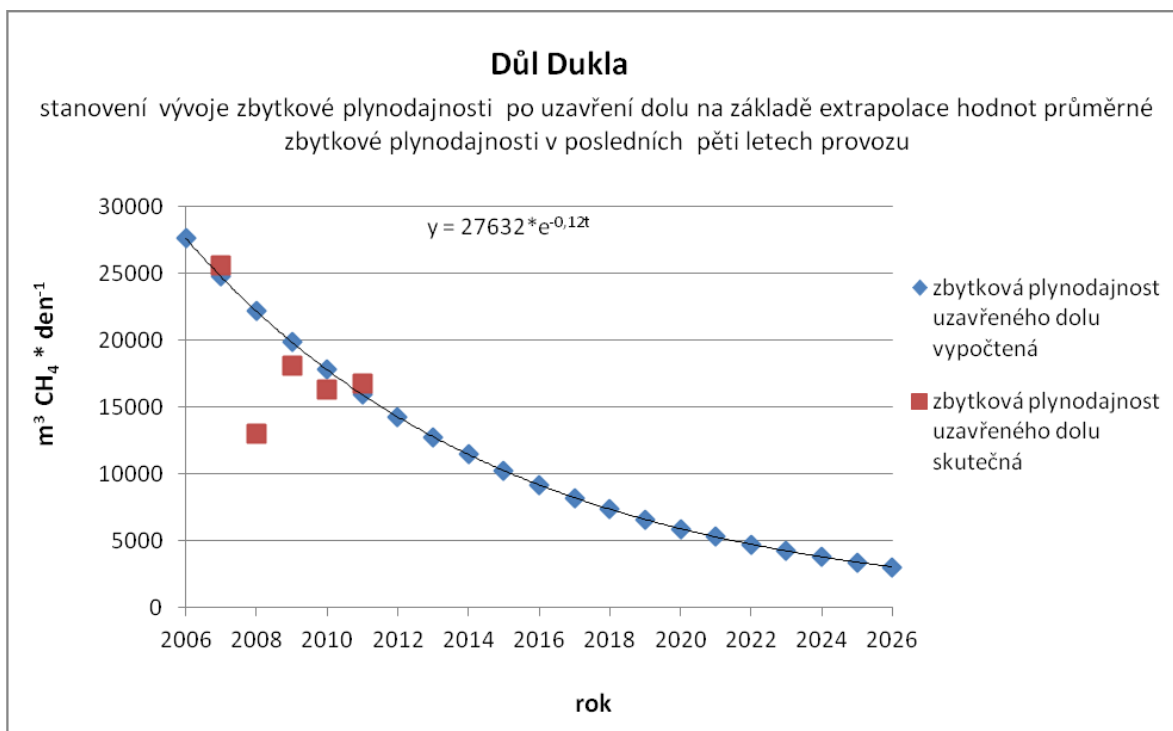
Ve vazbě na současné znalosti dané problematiky byla pro stanovení zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu vypracována metodika ve dvou následujících variantách:

- řešení založené na časové extrapolaci hodnot zbytkové plynodajnosti dolu v době provozu, po ukončení těžby a po jeho uzavření,
- výpočet ve vazbě na vyhodnocení stupně odplynění uhelných slojí a průvodních kolektorských hornin a analýzy plynové bilance ovlivněného horninového masívu

Z důvodů omezené dostupnosti provozních podkladů z období provozu Dolu Dukla, jsem pro stanovení zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu zvolil variantu časové extrapolace. Její výhoda spočívá v jednoduchosti a poměrně rychlém výpočtu výše  $PD_{zbl}$ , avšak plně nezohledňuje faktor zatápění ložiska, které má přímý vliv na časový průběh zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu.

$$PD_{zbl} = PD_{zb/stř} \cdot e^{-(D \cdot t)} \quad (9),$$

- kde:  $PD_{zbl}$  - zbytková plynodajnost zlikvidovaného dolu /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /  
 $PD_{zb/stř}$  - průměrná zbytková plynodajnost dolu v posledních pěti letech provozu /  $m^3 CH_4 \cdot den^{-1}$  /  
 $D$  - koeficient časového faktoru  
 $t$  - doba od ukončení těžby / rok /



Obr. č. 8 Vývoj zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného Dolu Dukla

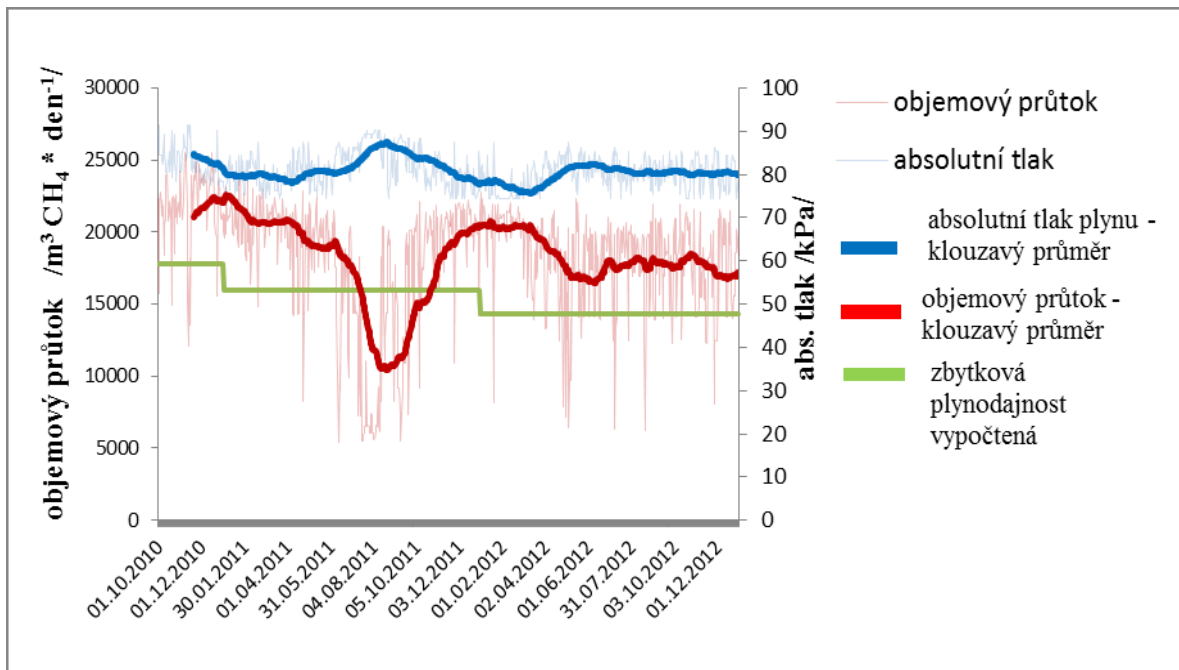
Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 16 Výpočtený vývoj zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného Dolu Dukla

ROK	doba od ukončení těžby dolu	zbytková plynodajnost zlikvidovaného dolu vypočtená	zbytková plynodajnost uzavřeného dolu skutečná
	T	PD <sub>zbl</sub>	PD <sub>zbls</sub>
	Rok	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> * den <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> * den <sup>-1</sup>
2002 - 06	-	27632	
2007	1	24754	25631
2008	2	22175	12989
2009	3	19865	18097
2010	4	17796	16330
2011	5	15942	16774
2012	6	14282	
2013	7	12794	
2014	8	11461	
2015	9	10267	
2016	10	9198	
2017	11	8240	
2018	12	7381	
2019	13	6613	
2020	14	5924	
2021	15	5307	
2022	16	4754	
2023	17	4259	
2024	18	3815	
2025	19	3418	
2026	20	3062	

Z výkazů větrání a degazace Dolu Dukla za období posledních pěti let před ukončením těžby jsem vypočetl pomocí vztahu (6) jednotlivé měsíční hodnoty PD<sub>zbc</sub>, které jsou uvedeny v příloze č. 6. Jejich aritmetický průměr ve výši 27 632 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> . den<sup>-1</sup> je pak roven zbytkové plynodajnosti dolu v posledních pěti letech PD<sub>zb/stř</sub>. S ohledem na základní ovlivňující faktory zlikvidovaného Dolu Dukla, jsem za koeficient časového faktoru D, jehož hodnota se pohybuje v rozmezí - 0,12 až -0,15, dosadil do vztahu (9) hodnotu - 0,12. Ze získaných výsledků jsem stanovil vývoj zbytkové plynodajnosti na období dvaceti let po uzavření dolu, což dokumentuje tabulka č. 16.

Z denních hodnot odsávaného objemového průtoku a absolutního tlaku HZP (přepočteno na 100% obj. CH<sub>4</sub>) v ZDP Dolní Suchá I za období od října 2010 do konce roku 2012, které byly archivovány na server HISTORIAN do databáze MS SQL za podpory produktů společnosti WONDERWARE byl sestaven graf zachycující průběh těchto veličin. Pro přehlednost byly denní hodnoty zobrazeny jako 50% klouzavý průměr. Srovnání vývoje zmiňovaných veličin a vypočtené zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného Dolu Dukla dokumentuje obrázek 9.



Obr. č. 9 Časový průběh těžby HZP v ZDP Dolní Suchá I

## 5 TECHNICKÁ OPATŘENÍ SPOJENÁ S ÚPRAVOU DEGAZAČNÍHO SYSTÉMU V ZÁVĚREČNÉ FÁZI LIKVIDACE DOLU

Účelně upravený degazační systém je jedním z hlavních zdrojů HZP těženého ze zlikvidovaného dolu. Vzhledem k tomu, že s postupným uzavíráním DD již nebude možné provádět opravy a údržbu tohoto systému v dole, je nutné realizovat jeho rekonstrukci s cílem zabezpečit jeho funkčnost co nejdéle. Správně zvolené postupy při úpravách degazačního systému v průběhu likvidace dolu mají pozitivní dopad nejen na bezpečnost práce a provozu při hornické činnosti, ale jsou i zárukou následné efektivní těžby HZP ve stanovených ZDP. Proto je nutné provádět co možná nejdůkladnější analýzy veškerých degazačních zdrojů, stavu plynovodní sítě a veškerých návazných technologií již v průběhu vyhlášení útlumu daného dolu.

Vzhledem k tomu, že s postupem uzavírání jednotlivých SVO a následně VO, nebude možné provádět seřizování jednotlivých degazačních zdrojů, je nutné zařadit tyto zdroje do kvalitativních skupin na základě jejich atributů. Takto zařazené degazační zdroje pak budou selektivně odsávány dílčími plynovody v horizontálních DD až po jejich zaústění do HDD. Je zřejmé, že z ekonomických i technických důvodů nelze zřizovat příliš velký počet plynovodů sloužících k izolovanému odsávání jednotlivých degazačních zdrojů. Z praktických zkušeností však vyplývá, že dostačující je následující rozdělení degazačních zdrojů:

- vysokoprocenní zdroje s predikovaným obsahem metanu více než 50 % obj.
- nízkoprocenní zdroje s predikovaným obsahem metanu 30 až 50 % obj.



## 5.1 Degazační zdroje

### 5.1.1 Degazační vrty

Degazačními vrty lze úspěšně degazovat hloubené jámy a šibíky, DDD, poruby dobývané metodou z pole i poruby vedené do pole a proto zastávají mezi degazačními zdroji významnou pozici. Úspěšně realizované vrty patří mezi zdroje produkující zpravidla plynovou směs obsahující vysoké procentuální zastoupení metanu. V případech, kdy vrt je již za hranicí své životnosti a nelze očekávat jeho následné sekundární znovuoživení, provádí se likvidace způsobem, který je již řešen příslušným projektem. Produkčně stabilní vrty, nebo u kterých se lze oprávněně domnívat, že budou následně pozitivně ovlivněny sekundárními vlivy, ponecháváme jako součást systému důlní degazace. V takovém případě se provede, bezprostředně před znepřístupněním DD, ve kterém jsou vrty situovány, jejich seřízení, odvodnění a rekonstrukce napojení vrtu na dílčí plynovod. Ta spočívá v pročištění ústí úvodní pažnicové kolony, demontáži veškerých měřicích, uzavíracích a regulačních armatur, vyspádování a vyztužení pružných sacích propojů. Ruční odvodňovače je potřebné zaměnit za systémy automatického odvodňování plynovodu, které pracují na různých principech (nejběžnější je využití zákonitosti spojených nádob) např. využití sifonů zavrtávaných do počvy DD nebo situovaných v úklonných dílech.

### 5.1.2 Degazace stařin

V tomto případě jako degazační zdroj slouží prostory stařin vytěžených porubů uzavřené hrázovými objekty. Tyto zahrázové prostory, ve kterých se po dokopání porubu akumuluje poměrně značné množství metanu, jsou však do značné míry ovlivňovány vývojem atmosférického tlaku a z tohoto důvodu je třeba provádět jejich častější regulaci. Protože po uzavření oblasti, ve které se tyto hráze nacházejí, nebude možná další regulace s cílem udržet optimální koncentraci metanu na zdroji, napojují se tyto zdroje zpravidla izolovaně do dostupného potrubí ponechaného v uzavíraném DDD, které je následně vedeno paralelně se stávajícím dílčím plynovodem. Je vhodné volit potrubí o větší vnitřní světlosti (např. rozvod stlačeného vzduch) z důvodu eliminace tlakových ztrát způsobených odsáváním nízkoprocentní plynové směsi o vyšší hustotě. Ještě před znepřístupněním degazačního zdroje je nutné demontovat veškeré armatury a měřicí prvky a původní pružné propoje nahradit pevnými.

### 5.1.3 Degazační manžety a poklopy

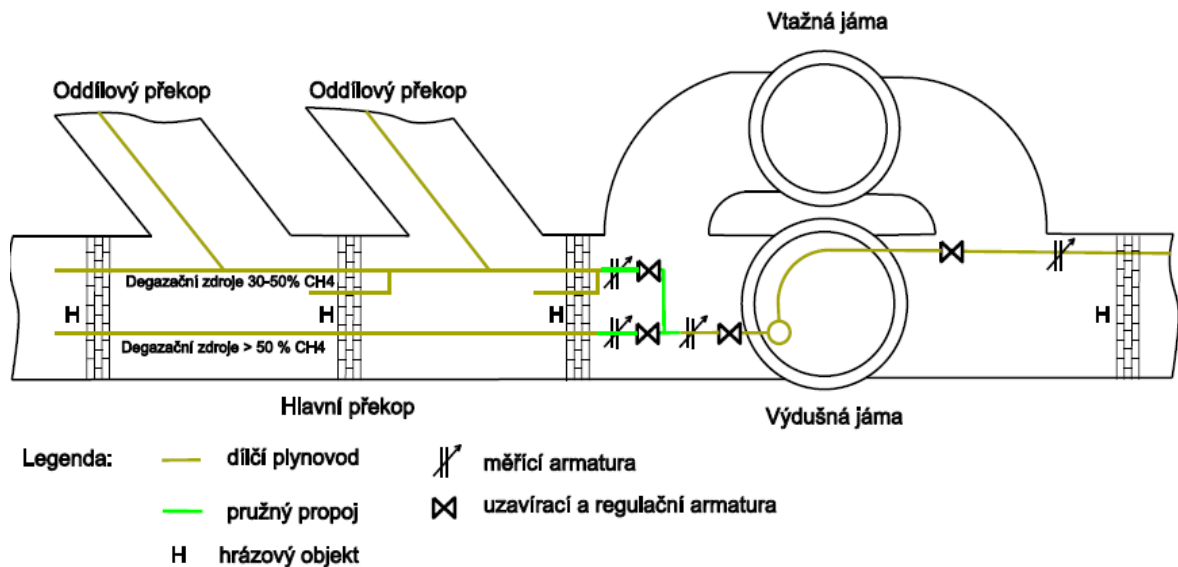
Degazační manžety se zřizují v místech DD, která jsou v kontaktu se zónami zvýšené plynodajnosti. Plynová komunikace je zpravidla způsobena tektonickými poruchami, či puklinovými systémy, což má následně negativní vliv na celkové plynové poměry v okolním DD. Zpravidla se jedná o stabilní zdroje plynu a z tohoto důvodu zůstávají napojeny do dílčího plynovodu, přičemž pro úpravu ještě před jejich znepřístupněním platí přiměřeně obdobná opatření jako v bodě 5.1.2.

## 5.2 Dílčí plynovody

Dílčím plynovodem rozumíme potrubí, které slouží k odvádění plynové směsi od degazačního zdroje do hlavního plynovodu [12]. Plynovody jsou rozhodujícími články

celého systému důlní degazace a jejich úkolem je přenést podtlak vyvolaný vývěvami, nebo dmychadly umístěnými v degazační, případně odsávací stanici, s co nejmenšími tlakovými ztrátami až k degazačním zdrojům a zpětně přepravit degazovaný plyn do degazační, resp. odsávací stanice. Plynovod musí být těsný a v dimenzi, která zajistí přepravu požadovaného množství plynové směsi bez výrazných tlakových ztrát. Pokud pomineme skutečnost, že v průběhu času dochází ke zmenšování světlého průřezu potrubí vlivem postupné sedimentace nečistot obsažených v plynu, pak jedním z nejvýznamnějších činitelů tlakových ztrát jsou uzavírací armatury. Každá větev dílčího plynovodu má být vystrojena před jeho zaústěním odvodňovačem s odlučovačem, měřicí clonou a uzavírací armaturou.

Pro zabezpečení maximální účinnosti budoucího odsávacího systému uzavřeného dolu je nezbytné v dostatečném časovém předstihu, již před uzavíráním jednotlivých SVO, resp. dílčích oblastí dolu, provést kontroly předmětných větví degazačního rozvodu, včetně jejich napojení na zdroje plynu a opravit zjištěné nedostatky (závěsy potrubí, netěsné spoje apod.). Z potrubních tahů jednotlivých dílčích plynovodů je zapotřebí demontovat uzavírací, regulační a měřicí prvky, čímž se sníží riziko zanesení a ucpání potrubí kaly a rzi. Neméně důležité je zabezpečit degazační rozvod proti jeho zavodnění vyspádováním potrubí případně instalací dalších automatických odvodňovačů. V případě, že DDD bude plněno, je třeba zvolit postupy obdobné jako při zřizování tzv. ztraceného plynovodu.



Obr. č. 10 Schéma dílčích plynovodů před likvidací jam

S cílem odsávat metanovzdušnou plynovou směs ze zahrázových prostor, vytvářených v průběhu postupné redukce SVO a následného uzavírání jednotlivých VO, je vhodné napojovat uzavírající hrázové objekty na systém důlní degazace. Tímto způsobem lze docílit lepší vzájemné plynové komunikace mezi jednotlivými uzavřenými oblastmi prostřednictvím ponechaných plynovodů a to až do místa ochozů jam, kde je pak možné

provádět cílenou regulaci degazačních zdrojů až do okamžiku samotného zahájení likvidace jam, jak je zřejmé z obrázku č. 10.



Obr. č. 11 Důlní plynovod sestavený z polyesterových trubek

V případě, že jsou uvažovány rozsáhlejší rekonstrukce plynovodů a umožňují to podmínky, je výhodnější použít plastové trubky, které získaly certifikát pro použití v důlním prostředí. Zejména se může jednat o polyesterové trubky vyztužené skelnými vlákny, jejichž předností jsou nízká hmotnost, nižší koeficient tření a odolnost proti korozi a působení agresivních médií ve srovnání s klasickými ocelovými trubkami.

Průměr D <sub>n</sub> =D <sub>w</sub> [mm]	Vnitřní tlak [MPa]							
	0,25	0,6	1,0	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
	Tloušťka stěny / orientační hmotnost 1 bm roury							
50	5,0/1,4	5,0/1,4	5,0/1,4	5,0/1,4	5,0/1,4	6,0/2,0	7,0/2,5	7,0/2,5
110	5,0/2,8	5,0/2,0	6,0/3,4	7,0/3,9	8,0/4,7	9,0/5,2	10,0/6,0	10/7,2
160	6,0/5,0	7,0/6,0	8,0/6,7	9,0/7,6	10,0/8,6	11,0/9,2	12,0/10,0	13/11
200	7,0/6,7	8,0/8,0	9,0/10,0	10,0/11,3	11,0/12,8	12,0/13,5	11,0/15,0	15/16
250	8,0/10,4	9,0/12,1	10,0/15,5	11,0/15,5	12,0/16,0	14,0/18,0	16,0/20,0	-
315	8,0/14,2	9,0/15,2	12,0/19,2	14,0/23,7	16/27	18/30	20/33	-
400	8,0/22,6	10,0/27,1	14,0/30,2	16,0/32,0	18/35	20/40	21/44	-
500	11/31,0	13/36,7	15/50,8	-	-	-	-	-
600	12/40,6	15/50,8	17/56,8	-	-	-	-	-

Obr. č. 12 Rozměry a hmotnosti polyesterových trubek - Plaston-P

### 5.3 Hlavní plynovody

Hlavní plynovod je, ve smyslu Vyhlášky ČBÚ č. 72/2002 Sb, o důlní degazaci [12], potrubí umístěné v HDD a na povrchu až k degazační stanici, které slouží k odvádění degazované plynové směsi.

## Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Volba a situování těchto plynovodních potrubí v likvidovaném HDD jsou odvislé od způsobu likvidace, který je v souladu s platnými právními předpisy. Způsob likvidace HDD v ČR upravuje Vyhláška ČBÚ č. 52/1997 Sb. [10], která byla novelizovaná vyhláškami ČBÚ č. 32/200 Sb. a 592/2004 Sb.

V zásadě se jedná o následující způsoby likvidace HDD:

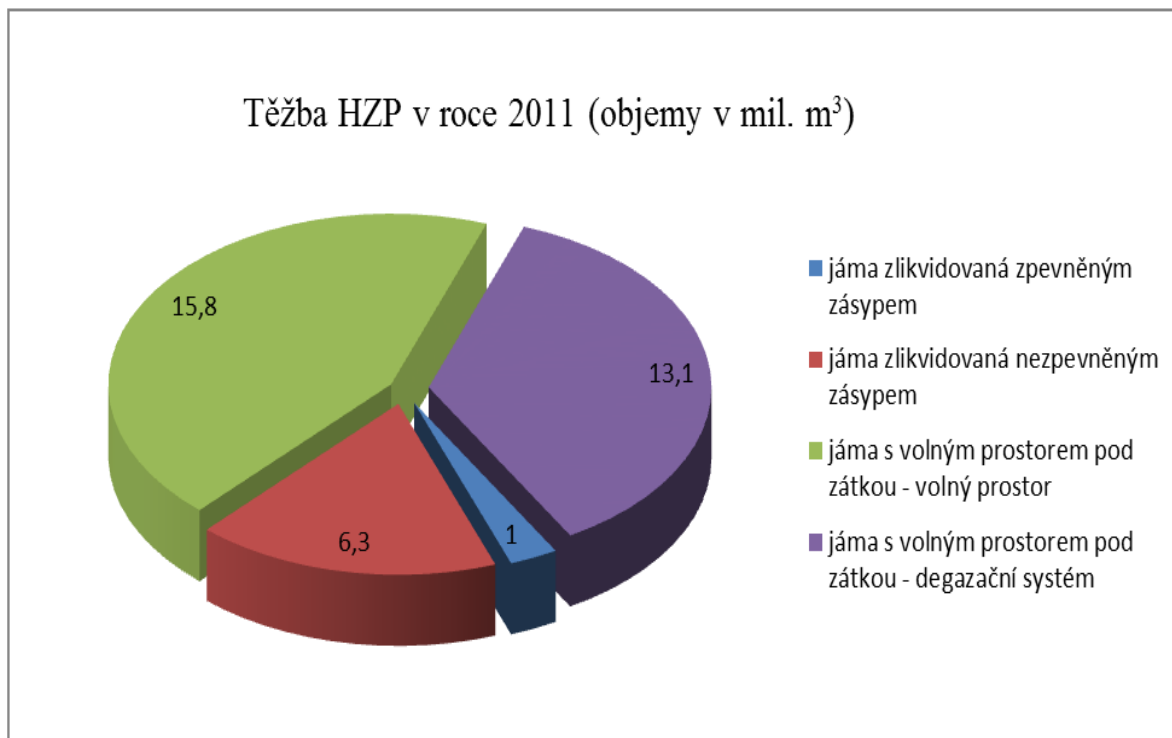
- pomocí zpevněného zásypového materiálu v celé její délce
- využitím nezpevněného zásypového materiálu
- zpevněným zásypovým materiálem nad zřízenou jámovou zátkou

Zastoupení jednotlivých zdrojů HZP ve vztahu ke způsobu likvidace HDD dokumentuje tabulka č. 17.

Tab. č. 17 Přehled zlikvidovaných HDD využívaných v současnosti jako těžební zdroje HZP

Název jámy	Způsob likvidace
Vrbice ( K-2 )	zásyp v celé délce popelovinami
Heřmanice ( He-2 )	jámová zátka na úrovni 3. patra + zpevněný zásyp
Rychvald 4	jámová zátka na úrovni 2. patra + zpevněný zásyp
Rychvald 5	jámová zátka na úrovni 3. patra + zpevněný zásyp
Koblov ( K-5 )	jámová zátka na úrovni 3. patra + zpevněný zásyp
Odra 4	jámová zátka na úrovni 1. horizontu + zpevněný zásyp
František ( F-4 )	jámová zátka na úrovni 3. patra + zpevněný zásyp
František ( F-1 )	nezpevněný zásyp - výpěrky, tříděný kámen
Paskov - výdušná	jámová zátka na úrovni 1. patra + zpevněný zásyp
Paskov - vtažná	jámová zátka na úrovni 1. patra + zpevněný zásyp
Řepišťe	jámová zátka na úrovni 2. patra + zpevněný zásyp
Dukla (č. 1)	jámová zátka na úrovni 5. patra + zpevněný zásyp
Dukla (č. 2)	nezpevněný zásyp - výpěrky, tříděný kámen
Dukla (č. 3)	nezpevněný zásyp - výpěrky, tříděný kámen

Každá z uváděných variant likvidace HDD poskytuje určitou míru kladů a záporů a to jak pro investora likvidačních prací, tak i pro potenciálního budoucího těžaře plynu. Je zřejmé, že každý z těchto subjektů bude mít odlišné stanovisko, jak docílit co nejefektivněji bezpečné likvidace jámy. Z tohoto titulu je zapotřebí zahájit dialog mezi zainteresovanými již ve fázi vyhlášení útlumu a společně pak analyzovat veškeré dostupné zdroje informací a na jejich základě vzájemně nalézt průsečík řešení, které bude akceptovatelné pro obě strany a bude přínosem nejen pro bezpečnost a životní prostředí, ale bude představovat i do budoucna využitelný energetický potenciál. Výše těžeb v mil. m<sup>3</sup> HZP ze zlikvidovaných jam v členění podle způsobu jejich likvidace je znázorněna na obrázku č. 13.



Obr. č. 13 Podíly těžeb HZP ze zlikvidovaných jam dle způsobu jejich likvidace

### 5.3.1 Jáma zlikvidovaná zpevněným zásypem

Za zlikvidovanou jámu je považována jáma likvidovaná úplným zasypáním zpevněným zásypovým materiálem [10], což je materiál použitý k likvidaci HDD obsahující hydraulicky účinný tmel. Tento způsob likvidace zajišťuje nejvyšší možnou míru stability likvidovaného jámového stvolu.

Za takto zlikvidovanou jámu, která je v současné době využívána pro účely těžby HZP, lze považovat pouze jámu Vrbice (K2) situovanou v ZDP Přívoz I. Tato jáma je zlikvidovaná nepropustným popílkovým zásypem v celé délce. Jámová tůň, včetně posledního patrového náraží byla uzavřena cemento-popílkovou hrází. Státní báňskou správou bylo odsouhlaseno, v rámci schvalovacího řízení projektu likvidace jámy K-2, zachování provozu odsávací stanice Vrbice, včetně odsávacího systému Koblov. V roce 2011 bylo odtěženo cca 1,0 mil. m<sup>3</sup> HZP při průměrné koncentraci metanu 34 % obj.

Pro účely regulace plynových zdrojů po uzavření dolu a z důvodu možné devastace stávajícího hlavního plynovodu je nezbytné zajistit, aby alespoň jedno technologické potrubí situované v jámovém stvolu, bylo možné následně bez náročných úprav využít jako nově zbudovaný další hlavní plynovod. Toto potrubí musí být v dobrém technickém stavu, aby nedošlo v průběhu likvidace HDD k jeho mechanickému poškození, a zároveň mít dostatečnou vnitřní světlost, zajišťující přepravní kapacitu projektovaného průtočného objemu plynové směsi při minimálních tlakových ztrátách.

V případě této varianty likvidace jámy zůstává původní hlavní plynovod v jámě bez následných úprav a zpravidla jsou do něj napojeny kvalitativně stabilní vysokoprocenní degazační zdroje ( CH<sub>4</sub> > 50 % obj.). Vzhledem k tomu, že není možné instalovat centrální odvodnění celého důlního degazačního systému v jámě, je nutné využít co nejučinnějších automatických odvodňovačů na horizontálních DD s cílem zachovat co

nejdéle funkčnost celého ponechaného degazačního systému a zajistit co nejdélší životnosti jednotlivých plynových zdrojů. Nízkoprocentní zdroje ( $\text{CH}_4 < 50 \%$  obj.) plynu, které tvoří zpravidla zahrázové prostory a izolované volné prostory jámových ochozů se zpravidla napojují do nově zřízeného hlavního plynovodu.

Pozitivní stránkou tohoto způsobu likvidace jam je nesporně vysoký přínos v oblasti bezpečnosti a to jak v průběhu realizace samotné likvidace HDD, tak i v následném období konsolidace horninového prostředí. Nevýhody lze spatřovat jak ve vyšších finančních nákladech spojených s likvidací HDD, tak i omezených možnostech budoucího těžaře HZP ovlivňovat co nejefektivněji způsob těžby plynu. Z výsledků sledování jednotlivých degazačních zdrojů vyplývá, že jednoznačně nejvýznamnějším likvidačním faktorem je postupné zatápění jednotlivých důlních prostor, v důsledku čehož dochází k pozvolnému snižování produkce a kvalitativních parametrů odsávané plynu. Přehled pozitivních a negativních faktorů uvádím v tabulce č. 18.

Tab. č. 18 Výhody a nevýhody likvidace HDD zpevněným zásypem

ZPŮSOB LIKVIDACE HDD	Výhody	Nevýhody
zpevněný zásyp	stabilita HDD	vyšší celkové náklady
	pozitivní vliv na složení důlního ovzduší v průběhu likvidace	delší doba likvidace
	vysoký stupeň izolace podzemí vůči výstupům důlního plynu	kratší doba funkčnosti ponechaného důlního degazačního systému
		možnost ztráty potrubí v jámě při zásypu
		nemožnost automatického centrálního odvodňování ponechaného degazačního systému
		nutnost separátního větrání

### 5.3.2 Jáma zlikvidovaná nezpevněným zásypem

Likvidovat jámu nezpevněným zásypem lze, pokud to umožňuje její charakter, pouze na základě povolení příslušného obvodního báňského úřadu, které musí obsahovat opatření k zajištění bezpečnosti z hlediska stability jámy a jejího okolí [10].

Z HDD, využívaných v současnosti k těžbě HZP, jsou tímto způsobem likvidovány jámy František (F-1) a Dukla č. 2 a č. 3. Celková těžba HZP z těchto zdrojů v roce 2011 činila 6,3 mil.  $\text{m}^3$ .

Při volbě tohoto variantního řešení nejsou zachovány hlavní degazační plynovody, které byly v minulosti součástí důlního degazačního systému, a není tedy možné cíleně využívat jednotlivé původní degazační zdroje. Uvolněný důlní plyn prostupující přes propustný porézní nezpevněný zásypový materiál tvořený výpěrkami a tříděným kamenem, je ze zmiňovaných jam těžen pomocí potrubí prostupujícího jámovou zátkou a ukončeného na kontaktu šterkového lože a nezpevněného zásypu jámy.

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Pro investora je způsob likvidace jámy pomocí nezpevněného zásypového materiálu zajímavý zejména z ekonomického pohledu, protože tato varianta likvidace vyžaduje podstatně nižší náklady ve srovnání s ostatními likvidačními postupy. Na druhé straně však tento způsob zajištění likvidovaného HDD má do jisté míry negativní dopady na bezprostřední okolí (bezpečnostní pásmo), zvyšuje náklady na těžbu HZP (nižší obsah metanu) a vyžaduje nákladnější následná technická opatření (monitoring, dosyp apod.)

Tab. č. 19 Výhody a nevýhody likvidace HDD nezpevněným zásypem

ZPŮSOB LIKVIDACE HDD	Výhody	Nevýhody
nezpevněný zásyp	nižší celkové náklady	stabilita zásypu
	poměrně krátká doba realizace	sedání zásypových hmot
	jednodušší způsob větrání v průběhu likvidace	nemožnost aktivního využití původního důlního degazačního systému
		počáteční časová prodleva odsávání plynu
		možnost borcení výztuže jámy
		dodatečné dimenzování ohlubňového povalu na sací a rázové síly při náhlém ujetí zásypu
		podmíněné využívání území v bezpečnostním pásmu
		pasivní regulace zdroje plynu
	v prvním roce vyšší četnost kontrol sedání zásypového materiálu	
	nereálný monitoring hladiny důlních vod	

Při odsávání plynové směsi z důlních prostor přes nezpevněný zásyp zlikvidované jámy dochází k tlakovým ztrátám, které jsou funkcí zejména objemového průtoku, hustoty plynu a frakce zásypového materiálu. Pro sestavení grafu tlakových ztrát způsobených filtrací plynu, který je uvedený v příloze č. 8 jsem použil model proudění tekutiny vrstvou zrnitého materiálu prostřednictvím paralelně uspořádaných kanálků o stejném průřezu a délce. Vzhledem k tomu, že výpočet uvažuje ideální kulový tvar zrn a nezohledňuje jejich skutečný tvar, jsou tlakové ztráty v reálném prostředí vyšší. Vztahy mezi jednotlivými veličinami jsou zřejmé z tabulky č. 20. Jak je patrné, tlakové ztráty způsobené filtrací plynu přes nezpevněný zásypový materiál, které mohou mít negativní vliv na účinnost těžebních technologií a zvýšení energetické náročnosti těžby HZP, nejsou nijak dominantním faktorem. S jejich účinky je však třeba počítat zejména u jam s malým světlym průměrem, které jsou situovány v DP s predikovanou vysokou zbytkovou plynodajností.

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 20 Tlakové ztráty způsobené prouděním plynu o hustotě  $\rho = 1,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  přes nezpevněný zásyp jámy o světlem průřezu 5,25 m

průtočné množství plynu	Q		3 000	3 000	3 000	$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$
hustota plynu	$\rho$		1,000	1,000	1,000	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
mimovrstevní rychlost plynu	v	Q / S	0,038	0,038	0,038	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
výška vrstvy	h		1,000	1,000	1,000	m
světlý průměr jámy	d		5,250	5,250	5,250	m
plocha vrstvy	S		21,648	21,648	21,648	$\text{m}^2$
objem vrstvy	$V_b$		21,648	21,648	21,648	$\text{m}^3$
průměr kameniva	$d_s$		0,063	0,125	0,250	m
objem kanálek ve vrstvě	$V_f$		4,103	4,114	3,583	$\text{m}^3$
mezerovitost	e	$V_f / V_b$	0,190	0,190	0,166	-
povrch kameniva ve vrstvě	$A_s$		1 113	561	289	$\text{m}^2$
objem kameniva ve vrstvě	$V_s$		11,697	11,689	12,043	$\text{m}^3$
hustota povrchu	a	$(1 - e) \cdot A_s / V_s$	77,189	38,877	20,028	-
dynamická viskozita	$\eta$		1,71E-05	1,71E-05	1,71E-05	-
Reynoldsovo kritérium	$Re_s$	$\frac{4 \cdot \rho \cdot v}{a \cdot \eta}$	116,864	232,029	450,409	-
součinitel tření	$\lambda_s$	$\frac{133}{Re_s} + 2,34$	3,478	2,913	2,635	-
tlaková ztráta	$\Delta p$	$\frac{\lambda_s \cdot \rho \cdot a \cdot v^2 \cdot h}{8 \cdot \varepsilon^3}$	7,306	3,056	2,156	$\text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$

### ***Plynovod v jámě likvidované nezpevněným zásypem***

V současnosti jsou známa i alternativní řešení, která vycházejí z koncepce ztraceného plynovodu instalovaného v jámě likvidované formou nezpevněného zásypu a který je stabilizován:

- flexibilně
- fixně

První způsob uchycení plynovodu byl aplikován při likvidaci jam Eleonora a Doubrava II. Jako ztracený plynovod byly použity silnostěnné, vysokotlaké, hladké pažnice perforované v definovaných hloubkových intervalech. Eliminace možného tahového namáhání pažnice pohybem zásypu při jeho sedání bylo dosaženo teleskopickou konstrukcí plynovodu. Vnitřní pohyblivá pažnice byla vedena pažnicí pevně ukotvenou na ohlubni jámy. Izolace mezikruží byla zajištěna sadou pryžových kroužků osazených na vnitřní straně ukotvené pažnice. Navazující těžební plynovod byl napojen na vnější pažnici. Vyšší celkové náklady a technická náročnost při realizaci tohoto projektu byly



vyváženy poměrně rychlou regenerací degazačního systému situovaného v DP činného dolu, který tak přispívá k bezpečnosti důlního provozu při hornické činnosti. Dnes jsou tyto plynovody součástí degazačního systému Dolu Karviná, závod ČSA.

Druhý uvedený způsob stabilizace plynovodu byl zvažován v rámci projektu likvidace jam Dolu Dukla. Návrh tohoto koncepčního řešení spočíval v instalaci nového plynovodního potrubí, které by bylo kotveno co možná nejbliž jámovému zdivu a orientováno v izolační vrstvě z jemných výpěrků tak, aby nedošlo k přímým negativním vlivům v průběhu likvidace jámy. Vlastní náklady na nutnou rekonstrukci degazačního systému (cca 14 mil. Kč) byly v tomto případě vyšší, než by činil rozdíl nákladů vynaložených na likvidaci jámy nezpevněným zásypem a nákladů na vybudování jámy s ponechaným volným prostorem.

### 5.3.3 Jámy s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou

Takto volený způsob likvidace jámy umožňuje platný právní předpis [10] u jam u kterých není zaručeno úplné a spolehlivé zasypání jámového stvolu, nebo v případě, kdy se předpokládá jiné využití jámy a to za následujících podmínek:

- příznivé geologické poměry okolního horninového masivu
- povolení příslušného obvodního báňského úřadu likvidovat jámu umístěním jámové zátky pod zónou rozvolnění
- jámu nad jámovou zátkou lze zasypat pouze zpevněným zásypovým materiálem
- jámová zátka v místě založení musí být zakotvena do horninového masivu a její odolnost proti předpokládanému tlaku zásypového materiálu musí být v dokumentaci doložena výpočtem

Tímto způsobem likvidované jámy tvoří převážnou část plynových zdrojů v OKR a v roce 2011 z nich bylo vytěženo celkem 28,9 mil. m<sup>3</sup> HZP v následujícím členění:

- volný jámový prostor 15,8 mil. m<sup>3</sup>
- degazační systém 13,1 mil. m<sup>3</sup>

Při volbě tohoto způsobu likvidace jámy je postup při úpravách důlní části degazačního systému obdobný jako v případě jámy likvidované zpevněným zásypem, který je popsán v subkapitole 5.3.1. V tomto případě je však možné docílit efektivního způsobu odvodnění hlavních plynovodů a to montáží sifonů v jejich nejnižší úrovni. Výšku sifonu je třeba volit minimálně v takovém rozměru, aby nemohlo dojít k porušení celistvosti vodního sloupce a možnému přisávání důlního ovzduší to ani v případech, kdy je zapotřebí docílit maximálního možného podtlaku v plynovodech.

V takto likvidovaném HDD je uvažováno navíc o odsávání plynu, který je zadržován ve volném prostoru pod jámovou zátkou, z tzv. „plynového kolektoru“. Z tohoto důvodu je nezbytné zajištění dalšího potrubí umístěného v jámě. Mělo by vykazovat minimální známky koroze, mechanického poškození, musí být dostatečně dimenzované, plně průchodné, a pokud je to možné volit vysokotlaký typ potrubí (např. čerpací řád apod.). Z empirických zkušeností vyplývá, že degazační zdroje napojené do plynovodních rozvodů jsou po určitém čase po uzavření jam negativně ovlivňovány tím, že potrubní řady jsou postupně zatápěny a v důsledku toho tato původní napojení pozbývají svou funkčnost. Z důvodů postupného zatápění spodních partií ložiska se dnes nejefektivněji jeví napojení odsávacích potrubních tahů na jámové zátky, které jsou zřizované v úrovni nejvyšších

pater dolu. Tímto způsobem je pak zajištěno dlouhodobé odsávání metanu kumulujícího se pod těmito jámovými zátkami. Klady a zápory této varianty jsou uvedeny v tabulce č. 21.

Tab. č. 21 Výhody a nevýhody likvidace HDD zpevněným zásypem nad jámovou zátkou

ZPŮSOB LIKVIDACE HDD	Výhody	Nevýhody
volný prostor pod jámovou zátkou	přiměřená úspora zásypového materiálu	vyšší náročnost likvidačních prací v jámě (jámová zátka)
	pozitivní vliv na složení důlního ovzduší v průběhu likvidace	náročnější úpravy důlního degazačního systému v jámě
	možnost dlouhodobého selektivního odsávání zdrojů plynu - aktivní regulace	historická neznalost životnosti jámových zátek a samonosnosti zpevněného zásypu
	využití volného prostoru pod jámovou zátkou jako plynového kolektoru	omezené možnosti případného zásypu jámy pod jámovou zátku
	možnost zavedení monitoringu hladiny důlních vod	nad jámovou zátkou pouze zpevněný zásypový materiál
	nižší tlakové ztráty při odsávání HZP	nutno vždy budovat opěrné hráze

## 6 NÁVRH KONCEPCE ŘEŠENÍ ÚPRAVY DEGAZAČNÍHO SYSTÉMU S CÍLEM NÁSLEDNÉHO HOSPODÁRNÉHO VYUŽITÍ HZP

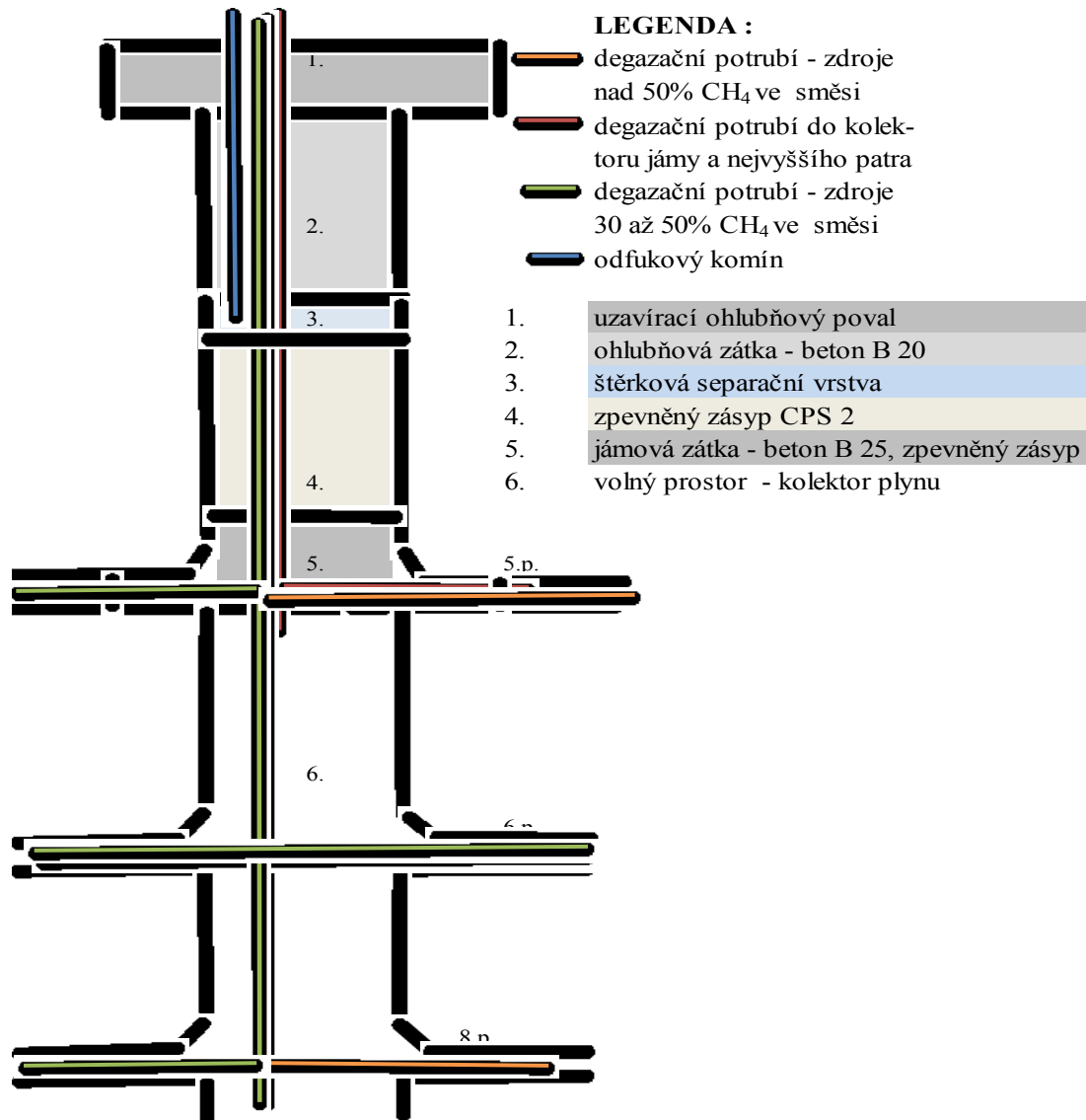
Z obsahu závěrečných zpráv některých studií (Mitka 2006) vyznívá, že prostřednictvím zlikvidovaných jam uzavřených dolů lze udržovat, pomocí plynových těžebních zařízení, podtlak v uzavřených důlních prostorech a tím eliminovat rizika spojená s nekontrolovanými výstupy metanu na povrch. V lokalitách uzavřených dolů, kde i po jejich likvidaci zůstaly v provozu odsávací systémy, se neprojeví výraznější problémy ve výstupu metanu na povrch. V opačné situaci, zejména v lokalitách bývalých Dolů Hlubina a Petr Bezruč, kde byly degazační systémy zrušeny, došlo k výrazným problémům, které musely být následně dodatečně řešeny vhodnými náhradními opatřeními.

Z tohoto pohledu je žádoucí, aby vhodně upravené původní degazační systémy byly zakomponovány do funkčního aktivního regionálního odplyňovacího systému, který pozitivně přispívá k bezpečnosti v lokalitách likvidovaných dolů a je zároveň, v případě hospodárného využití energetického potenciálu odsávaného HZP, garantem podílejícím se na zlepšení životního prostředí průmyslové krajiny.

### 6.1 Důlní část degazačního systému

Před zahájením samotné rekonstrukce důlní části degazačního systému je nezbytné provést důkladnou revizi celého systému a na základě analýzy veškerých relevantních informací vztahujících se k plynovým poměrům ložiska, stanovit detailní harmonogram úprav degazačního systému. Při samotných úpravách degazačních zdrojů, dílčích

plynovodů navrhuji postupovat dle zásad, které uvádím v kapitole 5 Technická opatření spojená s úpravou degazačního systému v závěrečné fázi likvidace dolu, s přihlédnutím k reálnému stavu.



Obr. č. 14 Schéma propojení plynovodů v zlikvidované jámě Výdušná č. 1

Na základě schváleného způsobu likvidace HDD, které tvoří přímou umělou komunikaci s povrchem, je třeba volit racionální postupy, které zajistí efektivně využívat ponechanou část systému důlní degazace v uzavřeném dole. Po zastavení větrání a ukončení degazace je dalším důležitým báňsko-technickým faktorem postupné zatápění dolů. Protože, jak jsem již uvedl, uzavřené jámy tvoří aktivní regionální odplyňovací systém, musí být cílem zachovat určitý podtlak v uzavřených důlních prostorech pomocí odsávacích stanic a snižovat tak akumulované množství důlních plynů v nich. Z výsledků dlouhodobého sledování je zřejmé, že degazační systém, na který jsou napojeny jednotlivé degazační zdroje, se stává po určité době nefunkční v důsledku stoupající hladiny důlních

vod a jedinou komunikací s povrchem, která slouží k odvádění důlních plynů tak zůstává potrubí ukončené pod jámovou zátkou. Z tohoto důvodu se domnívám, že pro efektivní provoz regionálního odplynovacího systému je nejvhodnější variantou likvidace HDD, způsob likvidace jámy s ponechaným volným prostorem, který slouží jako tzv. „kolektor plynu“. Toto variantní řešení umožňuje aktivně využívat původní degazační systém, na který po určitém čase navazuje odsávání kvalitativně stabilizované plynové směsi kumulované pod jámovou zátkou a tím je docíleno dlouhodobé kontinuální těžby HZP s možností jeho následného energetického využití. Tohoto efektu nelze docílit u jámy zlikvidované formou zpevněného zásypu (omezená životnost degazačního systému) ani v případě likvidace jámy nezpevněným zásypem, kdy hospodárné využití plynu není možné z titulu nízkého procentuálního zastoupení metanu v důlním plynu a to v průběhu přibližně prvních dvou let po uzavření dolu.

Klady a zápory jednotlivých způsobů likvidace HDD jsou souhrnně uvedeny v předchozí kapitole. V této části diplomové práce bych chtěl, na modelovém příkladu jámy Výdušná č. 1 Dolu Dukla, dokumentovat zjednodušený ekonomický rozbor nákladů na likvidaci v jednotlivých variantách. Při stanovení propočtu jsem vycházel z podkladů Projektu likvidace jam a větrní šachtice závodu Dukla Dolu Paskov zpracovaného organizací Báňské projekty Ostrava, a.s.

#### ***Zásady a předpoklady propočtu srovnání nákladů na likvidaci jam běžnými způsoby***

Do nákladů na likvidaci nejsou zahrnuty náklady na dodávku pohonů a tratí pásových a hřeblových dopravníků. Dále nejsou na likvidaci jam zahrnuty náklady na dodávku a pronájem mechanismů, které dodá investor a náklady na elektrickou energii při zásypu jámy. Při stanovování nákladů se vycházelo z těchto předpokladů:

- mzdové náklady u dodavatelských prací ve výši 3 500,- Kč/sm.
- mzdové náklady důlních pracovníků investora 2 100 Kč/sm.
- ceny železných konstrukcí v hodnotě 50,- Kč za 1 kg konstrukce
- 1 m<sup>3</sup> zpevněné zásypové směsi 2 MPa v ceně 580,-Kč
- 1 m<sup>3</sup> zpevněné zásypové směsi 5 MPa v ceně 730,-Kč
- 1 m<sup>3</sup> betonové směsi v ceně 1 490,-Kč
- 1 tuna výpěrků frakce 0 – 150 mm v ceně 69,- Kč
- 1 tuna tříděného kamene frakce 63 – 125 mm v ceně 95,- Kč

V ostatních nákladech jsou zahrnuty náklady na nájem strojů a zařízení, náklady na vzduchovou a elektrickou energii při přípravných pracích před zahájením likvidace.

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

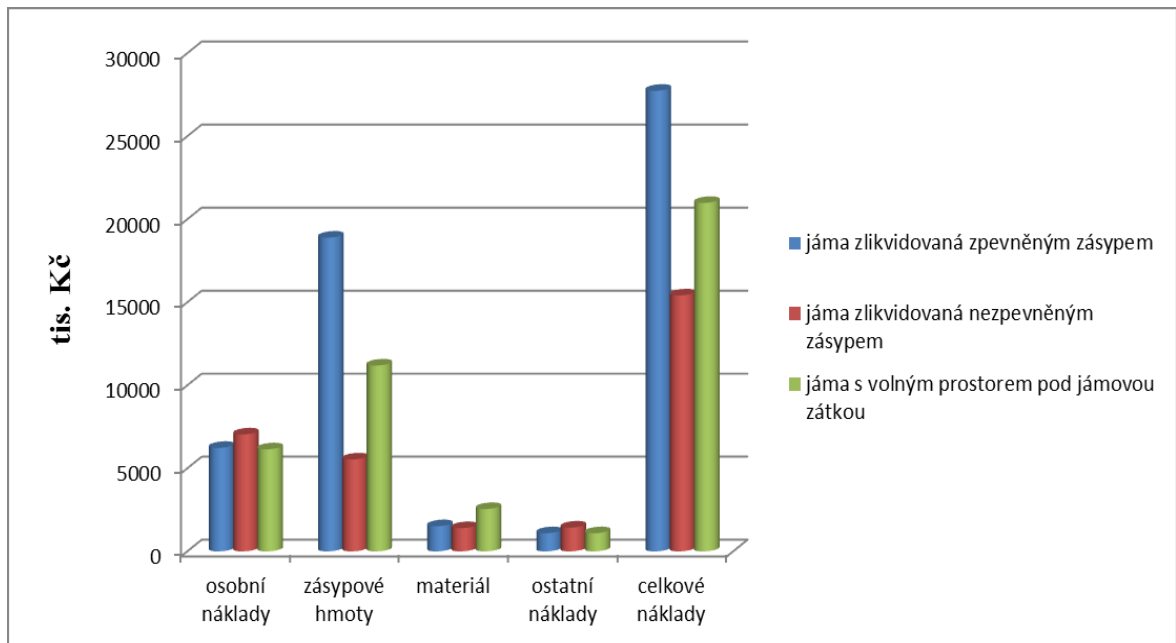
Tab. č. 22 Srovnání rozpočtových nákladů na likvidaci jámy Výdušná č. 1 podle druhu činnosti (kruhový průřez o průměru 5,25 m, celková relativní hloubka 963,77 m)

Činnost	Celkové náklady		
	(tis. Kč)		
	jáma likvidovaná zpevněným zásypem	jáma likvidovaná nezpevněným zásypem	jáma s volným prostorem pod jámovou zátkou
1. Likvidace podpovrchových kanálů	848	848	848
2. Přípravné práce v jámě	595	1 995	420
3. Výstavba zátky na 5. patře uzavírací hráze	-	-	2 066
4. Instalace zařízení monitoringu, signalizace, inertizace	793	1 401	793
5. Instalace větrání	1 167	499	1 079
6. Zásyp jámy	21 032	7 367	12 473
7. Stavba ohlubňové zátky	1 239	1 239	1 239
8. Stavba uzavíracího ohlubňového povalu	731	731	731
9. Odvětrávací trubka a dosýpací skříň, monument, inf. deska	192	192	192
10. Oplocení ohlubňového povalu	148	148	148
11. Demontáž zařízení staveniště	175	175	175
12. Ostatní náklady a energie	600	600	600
13. Projekty zhotovitele	220	220	220
<b>Náklady celkem</b>	<b>27 740</b>	<b>15 415</b>	<b>20 984</b>

Srovnáním nákladů vyplývá, že v porovnání s likvidací HDD o světlém průměru 5,25 m zpevněným zásypovým materiálem v délce cca 960 m představují náklady na likvidaci:

- zpevněným zásypem nad jámovou zátkou v hloubce 579 m cca 75 %
- nezpevněným zásypem v celé délce jámy cca 55 %

Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu



Obr. č. 15 Srovnání nákladových položek jednotlivých variant likvidace jámy Výdušná č. 1

Z grafu srovnání nákladových položek je zřejmé, že je celá investice spojená s likvidací HDD nejvíce zatížena finančním objemem, který představují zásypové hmoty. S přihlédnutím k tomuto faktu, pak při likvidaci běžné jámy v OKR o světlém průměru 7,5 metru a srovnatelné délky jako uvažovaná jáma Výdušná č. 1, vychází náklady ve srovnání s variantou zpevněného zásypu následovně:

- zpevněný zásyp nad jámovou zátkou v hloubce 579 m cca 65 %
- nezpevněný zásyp v celé délce jámy cca 34 %

### Dílčí závěr

Lze tedy konstatovat, že náklady při způsobu uzavření jámového stvolu jámovou zátkou s kolektorem a funkčním odsávacím systémem plynu, který dává předpoklad, že nedojde k nekontrolovanému výstupu metanu, představují zhruba  $\frac{2}{3}$  až  $\frac{3}{4}$  nákladů spojených s likvidací HDD zpevněným zásypem v celé délce a jsou o polovinu až dvojnásobně vyšší ve srovnání s náklady na likvidaci nezpevněným zásypovým materiálem. V případě likvidace jam bývalého Dolu Paskov byly uvažovány srovnatelné vzájemné poměry nákladů (Mitka 2006).

### ***Srovnání ekonomické efektivity investičních záměrů - likvidace jámy nezpevněným zásypem a likvidace jámy s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou***

Z předchozího uvedeného vyplývá, že náklady na likvidaci jámy Výdušná č. 1 pomocí nezpevněného zásypového materiálu jsou, ve srovnání s jámou vybavenou jámovou zátkou o 5 569 tis. Kč nižší. Zejména v důsledku určitého časového zpoždění v exploataci kvalitativně stabilního HZP, který je možné hospodárně využívat, je však zmíněný finanční rozdíl kompenzován již v průběhu poměrně krátké doby výnosy z prodeje obchodně uplatnitelného plynu. Pro obhajobu tohoto tvrzení jsem použil modelový příklad a standardní kritéria hodnocení ekonomické efektivity.

Kritéria pro hodnocení ekonomické efektivity jsou veličiny, pomocí kterých se posuzuje ekonomická efektivnost variantního investičního záměru v průběhu jeho životnosti. Základem pro výpočet ekonomické efektivity je tabulka toků hotovostí, sestavená pro celou dobu hodnocení, jak je zřejmé z příloh č. 9 a č. 10. Jsou v ní obsaženy veškeré příjmy a výdaje navrhovaného zařízení v jednotlivých provozních tocích a dále všechny investiční a provozní náklady. Pro celkové vyhodnocení efektivity investičního záměru jsem použil kritéria celkové doby návratnosti, čisté současné hodnoty a vnitřního výnosového procenta.

Na základě kritéria doby návratnosti investic (Pay Back Period) je rozlišována prostá doba návratnosti, kdy není uvažováno s cenou peněz a má význam pro prvotní orientaci.

Kritériem čisté současné hodnoty (NPV – Net Present Value) vyjadřuje součet diskontovaného toku hotovosti (cash - flow), který bude vytvořen provozovaným zařízením za dobu sledování, přičemž se hledá varianta s nejvyšší hodnotou souhrnného diskontovaného cash – flow.

V případě kritéria vnitřního výnosového procenta (IRR – Internal Rate of Return) hledáme vnitřní úrokovou míru, při níž je souhrnný diskontovaný cash – flow roven nule právě po skončení doby životnosti zařízení. Tuto úrokovou míru pak porovnáváme s diskontní sazbou centrální banky.

Vybrané vstupní údaje vztahující se k přílohám č. 9 a č. 10:

- doba životnosti jam 15 let
- investiční náklady - viz tabulka č. 22
- objem plynu je roven predikované PD<sub>zbl</sub> – viz tabulka č. 16
- daň z příjmu 19 %
- diskontní sazba 12%
- prodejní cena 1 m<sup>3</sup> plynu 5,00 Kč
- distribuční náklady na 1 m<sup>3</sup> plynu 0,80 Kč

### **Dílčí závěr**

Ze vzájemného srovnání ekonomické efektivity uváděných investičních záměrů vyplývá, že oba projekty jsou efektivní, avšak v případě jámy likvidované s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátokou, jsou všechna sledovaná kritéria ekonomické efektivity příznivější a to i přes vyšší pořizovací investiční náklady.

## **6.2 Povrchová část degazačního systému**

Vzhledem k tomu, že predikovaná zbytková plynodajnost likvidovaného dolu nebývá vyšší než přepravní kapacita důlní degazace, není zapotřebí provádět rekonstrukce hlavních povrchových plynovodů. Jejich úpravy, případně přeložky jsou realizovány pouze v souvislosti s budováním ohlubňových povalů, nebo jsou vyvolány demoličními pracemi povrchových objektů bývalého dolu.

Pro dosažení vyšší efektivity těžby HZP je však vhodné, v etapě po ukončení likvidace dolu, nahradit vodokružné vývěvy, které jsou v současné době instalovány na provozovaných degazačních stanicích, rotačními dmychadly a zahájit bezobslužný provoz odsávací stanice. Tato záměna představuje:

- snížení nákladů na těžbu HZP
- zvýšení kvalitativních parametrů plynu
- snadnější automatizaci provozu

Snížení nákladů na těžbu HZP je vyvoláno, i přes mírně vyšší náklady na elektrickou energii v případě provozování dmyhadla, úsporou osobních nákladů a snížením nákladů na opravy a údržbu.

***Vyhodnocení ekonomické efektivity investičního záměru – náhrada vodokružné vývěvy rotačním dmyhadlem***

Do modelového příkladu vyhodnocení efektivity investičního záměru záměny vývěvy a dmyhadla jsem zařadil nejběžněji používané technologické zařízení určené pro čerpání degazovaného plynu v ostravsko-karvinském revíru, tj. vodokružnou vývěvu typové řady 200 – SZO – 500 – 500 z výrobního portfolia slovenské společnosti SLOVPUMP-TRADE, s.r.o. a rotační dmyhadlo 3D60B-200 firmy KUBÍČEK se sídlem ve Velkých Losinách, které se svou charakteristikou a výkonnostními parametry blíží uvedené vývěvě.

*Tab. č. 23 Srovnání vybraných technických parametrů vodokružné vývěvy a rotačního dmyhadla*

veličina	jednotka	vodokružná vývěva 200-SZO-500-500	rotační dmyhadlo "Kubíček" 3D60B-200
		počáteční podmínky $p_{abs} = 101 \text{ kPa}$ , $t = 20^\circ\text{C}$ , medium = vzduch	
tlaková diference	kPa	90	90
objemový průtok	$\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$	2160	2088
výkon elektromotoru	kW	55	75
otáčky rotoru	$1 \cdot \text{min}^{-1}$	735	1989
hmotnost	kg	1035	480

Vybrané vstupní údaje:

- doba využití technologie 10 let
- rozpočtové náklady 5 000 tis. Kč (projekt, realizace, dmyhadlo, dálkové ovládání)
- daň z příjmu 19 %
- diskontní sazba 12%
- ceny energetických komodit na úrovni roku 2012



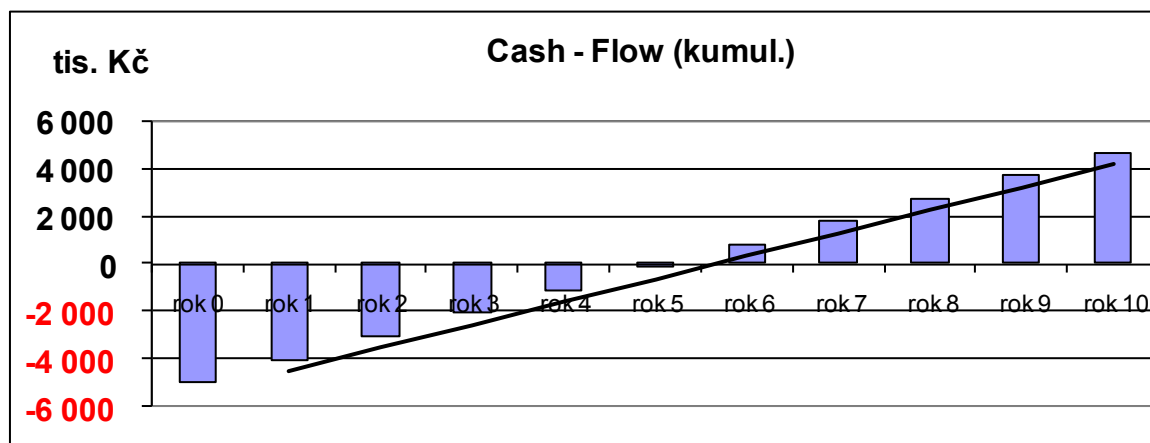
Miroslav Pivko: Uzavírání černouhelných dolů z pohledu následné těžby hořlavého zemního plynu

Tab. č. 24 Základní ekonomické ukazatele investičního záměru – náhrada vodokružné vývěvy za rotační dmyhadlo

Úspora vody pro chlazení vývěv	tis. Kč	48
Úspora osobních nákladů (mzdy, soc. a zdrav. poj.)	tis. Kč	955
Úspora nákladů na údržbu a opravy	tis. Kč	445
Úspora ostatních nákladů na provoz	tis. Kč	0
Výnosy (úspory) celkem	tis. Kč	1 448
Zvýšené náklady na el. energii (spotřeba dmyhadla)	tis. Kč	368
Odpisy dmyhadla	tis. Kč	500
Odpisy vývěv	tis. Kč	0
Náklady (změna) celkem	tis. Kč	868
Výnosy	tis. Kč	1 448
Náklady celkem	tis. Kč	868
HV před zdaněním	tis. Kč	580
Daň z příjmu	tis. Kč	110
HV po zdanění	tis. Kč	470
Příjmy celkem	tis. Kč	1 448
Investice	tis. Kč	-5 000
Náklady bez odpisů	tis. Kč	-368
Daň z příjmu	tis. Kč	-110
Výdaje celkem	tis. Kč	-478
Cash-flow roční	tis. Kč	970

Celkovou dobu návratnosti, vyhodnocení efektivnosti investičního záměru a průběh kumulovaného cash – flow dokumentuje obrázek č. 16

Celková doba návratnosti (roky)	5,2	od zahájení výstavby
Čistá současná hodnota NPV (tis. Kč)	428	> 0 Podmínka efektivnosti: NPV > 0
Vnitřní výnosové procento IRR (%)	14,3%	> 12,0% Podmínka efektivnosti: IRR > diskont. sazba
<b>ZÁVĚR:</b>	<b>EFEKTIVNÍ</b>	Hodnoceno 10 let



Obr. č. 16 Hodnocení efektivnosti investičního záměru – náhrada vodokružné vývěvy za rotační dmyhadlo

Zvýšení kvalitativních parametrů plynu je dáno rozdílem použitých technologií a je zde míněno především snížení relativní vlhkosti v plynu. Těžený HZP obsahuje poměrně značné množství vody a v případě odsávání pomocí vodokružné vývěvy dochází k dalšímu navyšování obsahu vody o technologickou vodu vývěvy.

Plyn obsahující přílišné množství vody nachází horší uplatnění jako palivo v nejrůznějších technologiích, které pak z této příčiny zpravidla nedosahují svých jmenovitých výkonů. Dodatečné náklady na pořízení zařízení sloužících ke snížení obsahu vody v plynu zvyšují celkové náklady na těžbu a úpravu, případně distribuci plynu. V případě použití dmychadel je plyn zahříván na teploty okolo 80 – 90 ° C a při následném procesu jeho ochlazování, dochází k separaci obsažené vody. Zkušenosti z posledních let s využíváním rotačních dmychadel při těžbě HZP jednoznačně potvrzují, že plyn získávaný touto technologií je daleko sušší a má tak vyšší uplatnění na trhu.

Snadnější automatizace provozu je dána skutečností, že dmychadla pracující na suchém principu nevyžadují tudíž žádné vodní hospodářství. Monitoring uzavřeného vodního okruhu nutného pro provoz vodokružných vývěv, který zahrnuje vodní čerpadla, chladič mikrověž, snímače tlaku a výšky vodních hladin (jímka, ucpávky vývěv), je příliš komplikovaný a v případě dálkového řízení technologie by bylo nutné, pro zajištění bezproblémového režimu těžby plynu, velkého množství dálkově přenášených dat. Samotné automatické dálkové řízení vývěvy, tj. uvedení do provozu, odstavení, změna odsávaného objemu plynu (regulací ochozového potrubí vývěvy), je ve srovnání s dmychadlem daleko složitější. Tyto požadované úkony při provozu dmychadla ve spojení s frekvenčním měničem, nevyžadují tak sofistikované řízení.

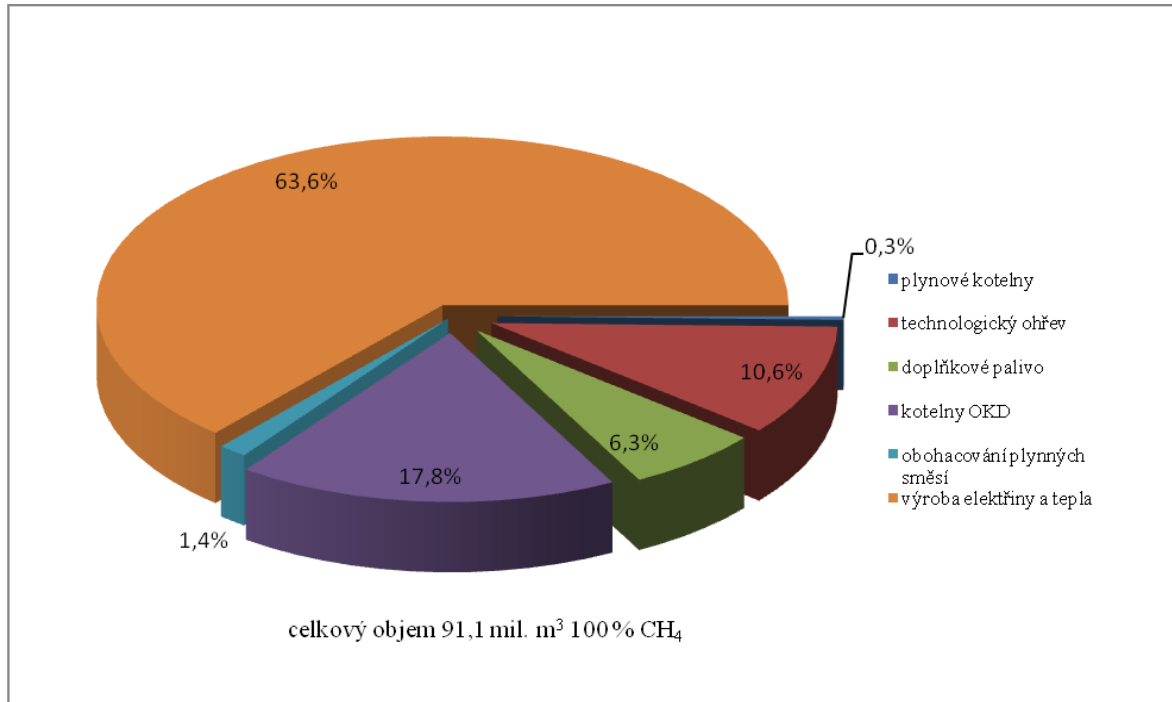
### 6.3 Možnosti využití HZP

Hořlavý zemní plyn vázaný na uhelné sloje je díky svému chemickému složení kvalitním palivem s vlastnostmi blízkými nejrozšířenějšímu plynnému palivu u nás, tedy zemnímu plynu naftovému. Obsah metanu, jehož spalné teplo v jednom m<sup>3</sup> činí 37,706 MJ, se pohybuje v rozmezí od 30 % obj. do 84 % obj. a jeho procentuální zastoupení v HZP odsávaném z konkrétního zdroje je z dlouhodobého časového hlediska poměrně stále ve srovnání s degazovanou plynnou směsí pocházející z činných dolů. Z tohoto důvodu je v převážné míře využíván v lokálních plynových spotřebičích, zejména kogeneračních jednotkách, jejichž plynové spalovací motory od renomovaných výrobců Deutz, Jenbacher, či Caterpillar dokáží navíc využívat plyn s nižším obsahem metanu. Na plyn z uzavřených dolů lze v rámci české legislativy pohlížet jako na obnovitelný zdroj energie a ve smyslu zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie se na tento plyn v případě, že je využíván pro výrobu elektrické energie a tepla, vztahuje státní finanční podpora, jejíž výše je zveřejňována v aktuálních cenových rozhodnutích Energetického regulačního úřadu.

V současné době je HZP spolu s plynovou směsí pocházející z důlní degazace využíván v těchto segmentech energetiky:

- přímé využití v plynových spotřebičích napojených na LDS (malé domovní a blokové plynové kotelny)
- technologický ohřev v průmyslových podnicích (ŽDB GROUP a.s., AWT, a.s.)
- doplňkové palivo velkých energetických zdrojů (teplárny Dalkia ČR, a.s.)
- obohacovací komponenta při směšování plynů (Mittal Steel Ostrava, a.s., DIAMO, s. p.)

- palivo pro kotelny na dolech OKD, a.s. (Dalkia Industry CZ, a.s.)
- palivo určené pro výrobu elektrické energie a pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (DPB, Dalkia Industry CZ, a.s., Enigen, s.r.o.)



Obr. č. 17 Struktura využití HZP a plynu z důlní degazace za rok 2012

Na obrázku č. 17 jsou graficky vyjádřeny současné možnosti využití HZP včetně plynu z důlní degazace a jejich podíly na celkové spotřebě v roce 2012.

## 7 ZÁVĚR

HZP vázaný na uhelné sloje ČHP je vyhrazeným nerostem a jeho výhradní ložiska jsou součástí nerostného bohatství ČR. Zacházení s výhradními ložisky reguluje platná báňská legislativa, která vymezuje práva a povinnosti organizací provádějících hornickou činnost. Evidovaná výhradní ložiska jsou chráněna proti znemožnění nebo ztížení dobývání institutem chráněného ložiskového území. Hornickou činnost lze vykonávat pouze v DP, a to až po jejím povolení státní báňskou správou. Vlastní těžba musí zabezpečit hospodárné využívání zásob výhradního ložiska. Zásoby nerostu na ložisku představují zjištěné a ověřené množství vyhrazených nerostů na ložisku nebo jeho části, odpovídající podmínkám využitelnosti. Tyto představují soubor ukazatelů množství, jakosti nerostů, geologických, báňsko-technických, ekologických a jiných ukazatelů, podle nichž se posuzuje vhodnost zásob výhradních ložisek k využití.

Rozhodovací proces těžební organizace o využití zásob HZP na určitém černouhelném dolu zpravidla začíná v období po vyhlášení útlumu. Budoucí těžba plynu musí navázat úzkou spoluprací s důlní organizací zajišťující útlum ve věci přípravy dolu na těžbu plynu. Ještě před samotným zahájením likvidace jam má být vyhodnocena historická

plynodajnost dolu a stanovena zbytková plynodajnost, geologická, hydrogeologická situace, zhodnocen stav degazačního systému a kvalita degazačních zdrojů.

Ve své diplomové práci jsem demonstroval postup přípravy dolu na těžbu HZP na příkladu Dolu Dukla. Společnost DPB v předstihu splnila základní předpoklady báňské legislativy nutné pro realizaci těžby. ZDP Dolní Suchá I byl stanoven v roce 1999 s podmínkou těžaře černého uhlí zahájit těžbu HZP po uzavření dolu. Chráněné ložiskové území bylo stanoveno v roce 1993 se změnou v roce 2004. Výpočet zásob vyhrazeného nerostu byl proveden v roce 1992 a upřesněn v roce 2010 přičemž hornická činnost byla povolena v roce 1998.

Okamžikem vyhlášení útlumu byla zahájena intenzivní spolupráce s těžařem černého uhlí o variantách přípravy dolu na budoucí těžbu HZP. Vzájemným jednáním bylo dosaženo konsensu ve způsobu likvidace jam, tj. Výdušná č. 1 vybudováním jámové zátky jámy Vtažná 2 a Výdušná 3 nezpevněným zásypovým materiálem. Tomuto závěru byly přizpůsobeny veškeré přípravné práce v dole. Po důkladné analýze geologické a hydrogeologické, včetně vyhodnocení historické a aktuální plynové situace dolu, byla učiněna řada operativních opatření jako například: nenapojení degazačních zdrojů 8. patra, realizace propojovacích vrtů mezi 5. a 6. patrem, a 5. patrem a stařinami na 3. patře, degazačních vrtů do stařin v okolí ochozů 5. patra, selekce degazačních zdrojů nad 8. patrem podle kvality plynové směsi, přepojení selektovaných zdrojů na samostatné plynovody, vyvedení dílčích plynovodů k budoucí plynové jámě Výdušná č. 1 a jejich napojení na samostatné potrubní řády v jámě.

V diplomové práci dále rozebírám základní způsoby likvidace jámy Výdušná č. 1 z pohledu finančních nákladů na likvidaci. Nejnižší náklady jsou spojeny s likvidací jámy nezpevněným zásypem po celé délce, naopak nejvyšší náklady je nutno vynaložit při likvidaci jámy zpevněným zásypem po celé délce. Likvidace jámy Výdušná č. 1 s využitím jámové zátky je cca o 5 569 tis. Kč nákladnější než její zasypání nezpevněným materiálem. Srovnáním ekonomické efektivity investičních záměrů - likvidace jámy nezpevněným zásypem a likvidace jámy s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou - dokládám výhodnost likvidace jámy s ponecháním volného prostoru pod jámovou zátkou. Sledovaná kritéria ekonomické efektivity jsou i přes vyšší investiční náklady příznivější u likvidace jámy s jámovou zátkou.

Samostatnou kapitolu jsem vymezil pro zdůvodnění volby technologie těžby HZP. V zásadě se pro odsávání plynu používají vodokružné vývěvy nebo dmyhadla. V případě Dolu Dukla byla zvolena varianta těžby s použitím dmyhadla jako náhrady vodokružných vývěv s celkovou dobou návratnosti investičních nákladů 5,2 let. Dmyhadla navíc umožňují zvýšení kvality dodávaného plynu snížením jeho vlhkosti a snadnější automatizaci provozu odsávací stanice.

Na rozdíl od degazačního plynu má HZP těžený z uzavřených dolů z dlouhodobého hlediska poměrně stálý obsah metanu. Těžený plyn se využívá výlučně k energetickým účelům. V rámci české legislativy lze na těžený plyn pohlížet jako na obnovitelný zdroj energie. V případě jeho využití jako paliva pro výrobu elektrické energie a tepla se ve smyslu zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie se na tento plyn vztahuje státní finanční podpora, jejíž výše je zveřejňována v aktuálních cenových rozhodnutích Energetického regulačního úřadu.

Za neoptimálnější pro těžbu HZP považuji v současné době koncepci zahrnující v sobě selektivní odsávání důlního plynu pocházejícího z různých plynových obzorů horninového masívu ovlivněného hornickou činností prostřednictvím rekonstruovaného důlního degazačního systému a hlavních plynovodů umístěných v jámě s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou, přičemž jako technologické zařízení vyvozující podtlak jsou nejvhodnější alternativou rotační dmyhadla. Vhodně koncipovaný soubor těchto technologií je, dle mého názoru, jistou zárukou efektivní těžby HZP, který je možné následně racionálně využít jako kvalitní obchodovatelnou energetickou komoditu.

Závěrem diplomové práce bych chtěl poděkovat za získané vědomosti, které mi v průběhu studia předali pedagogové Institutu hornického inženýrství a bezpečnosti, současně chci jmenovitě vyjádřit upřímné poděkování vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Pavlu Prokopovi, CSc., dále pak svému konzultantovi Ing. Slavomíru Zientkovi a v neposlední řadě celému kolektivu odborných pracovníků Green Gas DPB, a.s.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

1. DP Dolní Suchá vertikální řez 3 – 3
2. DP Dolní Suchá vertikální řez 4 – 4
3. DP Dolní Suchá horizontální řez -300 m 5. patro
4. Historický přehled vývoje plynových poměrů na Dole Dukla
5. Diagram vývoje relativní plynodajnosti na Dole Dukla v korelaci s hloubkou těžby uhlí
6. Přehled základních plynových ukazatelů v závěrečných etapách vývoje Dolu Dukla
7. Graf vývoje základních plynových ukazatelů Dolu Dukla
8. Tlakové ztráty způsobené filtrací plynu přes nezpevněný zásykový materiál
9. Investiční záměr likvidace jámy nezpevněným zásykem
10. Investiční záměr likvidace jámy s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou
11. Schéma navrhované rekonstrukce degazačních zdrojů a dílčích plynovodů
12. Schéma úpravy hlavních plynovodů v jámě s ponechaným volným prostorem pod jámovou zátkou

## SEZNAM TABULEK

1. Těžba HZP v OKR v roce 2011
2. Přehled těžebních zdrojů HZP
3. Objemy těžby HZP podle typu zdroje
4. Početní členění zdrojů HZP
5. Průběh zatápění napojených degazačních zdrojů
6. Předpokládaný výškový a časový průběh zatápění ZDP
7. Degazační systém 5. patra (-300 m n.m.)
8. Degazační systém 6. patra (-450 m n.m.)
9. Degazační systém 8. patra (-670 m n.m.)
10. Hodnoty plynonosti uhelné hmoty
11. Stav zásob HZP v ZDP Dolní Suchá I k počátku roku 2010
12. Úbytek vytěžitelných zásob HZP v ZDP Dolní Suchá I vlivem zatápění
13. Zbytková plynodajnost Dolu Dukla v průběhu posledního roku těžby
14. Vývoj exhalace a celkové degazace Dolu Dukla v průběhu útlumu VO
15. Vývoj exhalace a celkové degazace Dolu Dukla v průběhu likvidace HDD
16. Vypočtený vývoj zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného Dolu Dukla
17. Přehled zlikvidovaných HDD využívaných v současnosti jako těžební zdroje HZP
18. Výhody a nevýhody likvidace HDD zpevněným zásypem
19. Výhody a nevýhody likvidace HDD nezpevněným zásypem
20. Tlakové ztráty způsobené prouděním plynu o hustotě  $\rho = 1,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  přes nezpevněný zásyp jámy o světlem průřezu 5,25 m
21. Výhody a nevýhody likvidace HDD zpevněným zásypem nad jámovou zátkou
22. Srovnání rozpočtových nákladů na likvidaci jámy Výdušná č. 1 podle druhu činnosti
23. Srovnání vybraných technických parametrů vodokružné vývěvy a rotačního dmyhadla

## SEZNAM OBRÁZKŮ

1. Tvorba hlavních plynných složek v průběhu prouhelňovacího procesu
2. Morfologie karbonského paleoreliéfu a hranice rozšíření spodnobadenských štěrkopísků a písků
3. Detritové pásmo v dílčím výmolu na orlovské vráse v oblasti Dolu Dukla
4. Grafické vyjádření vztahů mezi roční plynodajností a výší těžby uhlí
5. Schématické členění plynodajnosti dolu na exhalaci a degazaci v etapě těžby
6. Schématické členění plynodajnosti dolu na exhalaci a degazaci po ukončení těžby
7. Schématické členění zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného dolu
8. Vývoj zbytkové plynodajnosti zlikvidovaného Dolu Dukla
9. Časový průběh těžby HZP v ZDP Dolní Suchá I
10. Schéma dílčích plynovodů před likvidací jam
11. Důlní plynovod sestavený z polyesterových trubek
12. Rozměry a hmotnosti polyesterových trubek – Plaston-P
13. Podíly těžeb HZP ze zlikvidovaných jam dle způsobu jejich likvidace
14. Schéma propojení plynovodů v zlikvidované jámě Výdušná č. 1
15. Srovnání nákladových položek jednotlivých variant likvidace jámy Výdušná č. 1
16. Hodnocení efektivnosti investičního záměru – náhrada vodokružné vývěvy za rotační dmyhadlo
17. Struktura využití HZP a plynu z důlní degazace za rok 2012



## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Prokop, P.: *Plynodajnost a degazace*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 1990
- [2] Prokop, P.: *Důlní větrání a technika bezpečnosti*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 1987
- [3] Grygárek, J., Hudeček, V.: *Základy hornictví*. Skripta VŠB - TU Ostrava, 2003
- [4] Šiška, F., Otáhal, A., Prokop, P., Sedlatý, V.: *Bánske vetranie*. Alfa Bratislava, 1993
- [5] Dopita, M. a kol.: *Geologie české části hornoslezské pánve*. MŽP Praha, 1997
- [6] *Zákon č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství ve znění jeho novel (horní zákon)*
- [7] *Zákon č. 61/1988 Sb. o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě ve znění jeho novel*
- [8] *Vyhláška 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*
- [9] *Vyhláška ČBÚ č. 172/1992 Sb. o dobývacích prostorech*
- [10] *Vyhláška ČBÚ č. 52/1997 Sb. o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl*
- [11] *Vyhláška ČBÚ č. 104/1988 Sb. o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem*
- [12] *Vyhláška ČBÚ č. 72/2002 Sb., o důlní degazaci*
- [13] Interní materiály Green Gas DPB, a.s.