



The International Journal of
TRANSPORT & LOGISTICS

Medzinárodný časopis
DOPRAVA A LOGISTIKA
Mimoriadne číslo 8/2010

ISSN 1451-107X

ENVIRONMENTAL EFFECT OF USING OF MINE GAS IN COGENERATION UNITS IN THE PISTON GAS ENGINES

ENVIRONMENTÁLNÍ VLIV VYUŽITÍ DŮLNÍHO PLYNU V KOGENERAČNÍCH JEDNOTKÁCH S PÍSTOVÝMI SPALOVACÍMI MOTORY

Richard Choleva¹, Iveta Cholevová², Ivana Onderková

Key words: mine gas, cogeneration units, The piston gas engines

Abstract: Content of this article is the introduction with a system of mine gas utilization in cogeneration heat and power units and their environmental effect. Although methane - the main component of the mine gas – is ranked among the harmful gases whose emissions may negatively affect the Earth's warming climate, it cannot be considered as a danger only. Coal mine methane presents a significant source of energy, due to high energetic potential. The using of mine gas presents the harmony among the effort of safety increases during mining processes, environmental protection based on emission decreases in the atmosphere, company energy self-support and also not least a significant increase in energy efficiency by the utilization of a secondary energy source.

1. Úvod

Uhelné sloje obsahují velké množství plynu, který zůstává vázán uvnitř, dokud není uvolněn při těžbě uhlí nebo v případě příznivých podmínek není odveden na povrch pomocí vrtů. Metan, který je hlavní složkou důlního plynu, patří mezi škodlivé plyny, jejichž emise mohou negativně ovlivňovat oteplování zemského klimatu. Proto je ve světě snižování emisí metanu věnována zvýšená pozornost. Tato skutečnost je zahrnuta i v tzv. Kjótském protokolu z roku 1997. Významným zdrojem metanu jsou činné doly, odkud se metan dostává do ovzduší z ventilace dolů, případně je cíleně odčerpáván pomocí důlní degazace a následně vypouštěn do ovzduší nebo využíván pro energetické účely. Druhým významným zdrojem jsou oblasti, ve kterých již byla těžba uhlí v minulosti ukončena, a do podzemních prostor vzniklých hornickou činností se postupně uvolňují a akumulují tzv. zbytkové zásoby důlního plynu.

Emise metanu do ovzduší z činných i uzavřených dolů se významnou měrou podílí na tzv. skleníkovém efektu. Pro porovnání klimatické škodlivosti vzhledem k CO₂ byla zavedena veličina GWP (potenciál globálního oteplení), která představuje klimatickou škodlivost jednotky hmotnosti klimatického plynu v poměru ke klimatické škodlivosti stejné jednotky hmotnosti CO₂. Pro metan

¹ **Richard Choleva**, TEDOM s.r.o. divize Kogenerace, Výčapy 195, Třebíč 674 01, Česká Republika, tel: +420737 154036, r.choleva@chp.tedom.cz

² **Iveta Cholevová, Ivana Onderková**, Vysoká Škola Báňská-Technická Univerzita Ostrava, Katedra matematiky a deskriptivní geometrie, 17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba 708 33, Česká Republika tel: +420597 324154, iveta.cholevova@vsb.cz, ivana.underkova@vsb.cz

se v současnosti počítá s hodnotou 21. To znamená, že spálením jedné tuny metanu se sníží emise do ovzduší ve výši 21 tun CO_2 . Od této hodnoty nutno odečíst 2,75 t CO_2 , protože při spalování metanu vznikne 2,75 t CO_2 . Snížení emise spalováním metanu pak činí 18,25 t $\text{CO}_2/\text{t CH}_4$.

Snížení emise metanu z dolů lze realizovat spalováním důlního plynu s energetickým využitím nebo spalováním ve vysokoteplotní pochodni bez energetického využití. Vedle tohoto primárního efektu ochrany klimatu lze docílit sekundárního efektu tím, že se využívá energie uvolňovaná procesem spalování. Zvláště efektivní energetické využití lze učinit prostřednictvím kogenerace, kterou se vyrábí elektrická energie, a také se využívá i vznikající odpadní teplo.

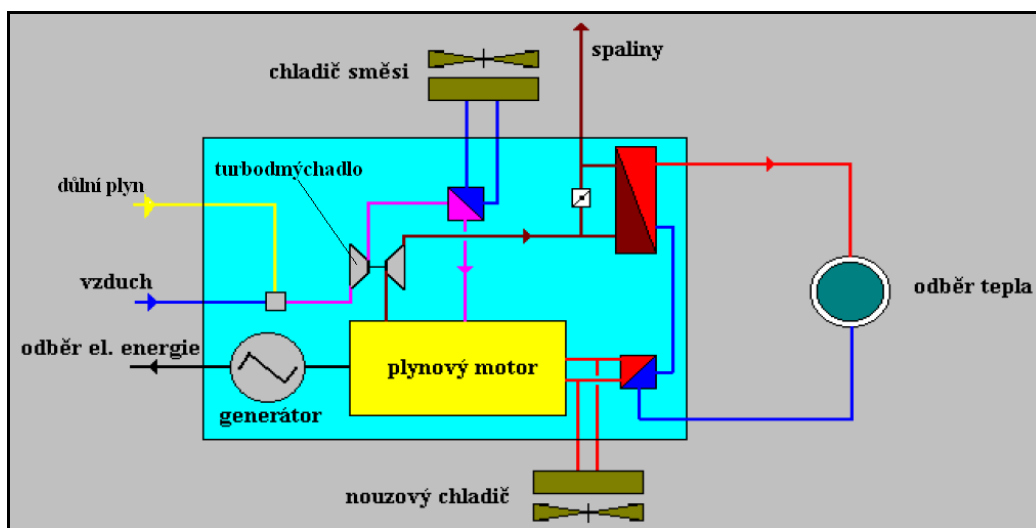
Významný krok ve využití důlního plynu v kogeneračních jednotkách byl nastartován legislativní podporou vlády ČR s účinností zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE), kde zákon upravuje způsob podpory výroby elektřiny z OZE a z důlního plynu z uzavřených dolů, a zákonem č. 458/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů (energetický zákon), kde novela zákona uvádí novou kategorii druhotné energetické zdroje (DZE). Do této kategorie je zařazen i plyn z důlní degazace činných dolů. Vlastní dynamický rozvoj využití důlního plynu v OKD nastal až rokem 2005, kdy byl zařazen do výše citovaného zákona 180/2005 Sb. jako obnovitelný zdroj energie s nárokem na podporu. V roce 2009 byl v OKR zahájen nový program využívání důlního plynu pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (KVET) v malých energetických zdrojích a to v kogeneračních jednotkách s plynovým motorem. Tyto jednotky jsou instalovány na uzavřených i činných dolech OKR.

2. Systém kombinované výroby elektřiny a tepla

2.1. Popis technologie

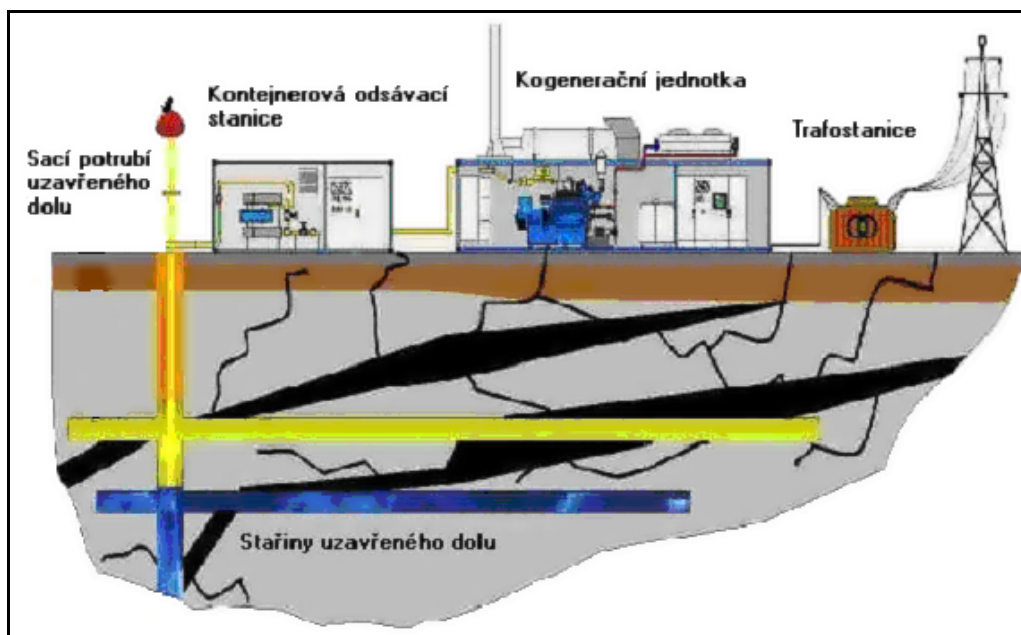
Kogenerační jednotka (KJ) je energetické zařízení pro společnou výrobu elektřiny a tepla. Hlavní předností KJ je, že energetické využití paliva je vyšší než u „klasické“ oddělené výroby elektřiny a tepla. Jako paliva je možno použít důlní plyn z uzavřených i činných hlubinných černouhelných dolů v OKR. Důlní plyn je klasifikován jako palivo s nízkou výhřevností, protože kromě metanu obsahuje nežádoucí inertní složky (N_2 , CO_2 , O_2 , vodní pára).

KJ se skládá z přepřehovaného zážehového plynového motoru pohánějícího generátor elektrické energie a výměníků pro využití odpadního tepla motoru. Generátor elektrické energie je dodáván pro nižší výkony asynchronní, pro vyšší synchronní. Teplo z KJ je dodáváno obvykle v teplé vodě ($90/70\text{ }^\circ\text{C}$).



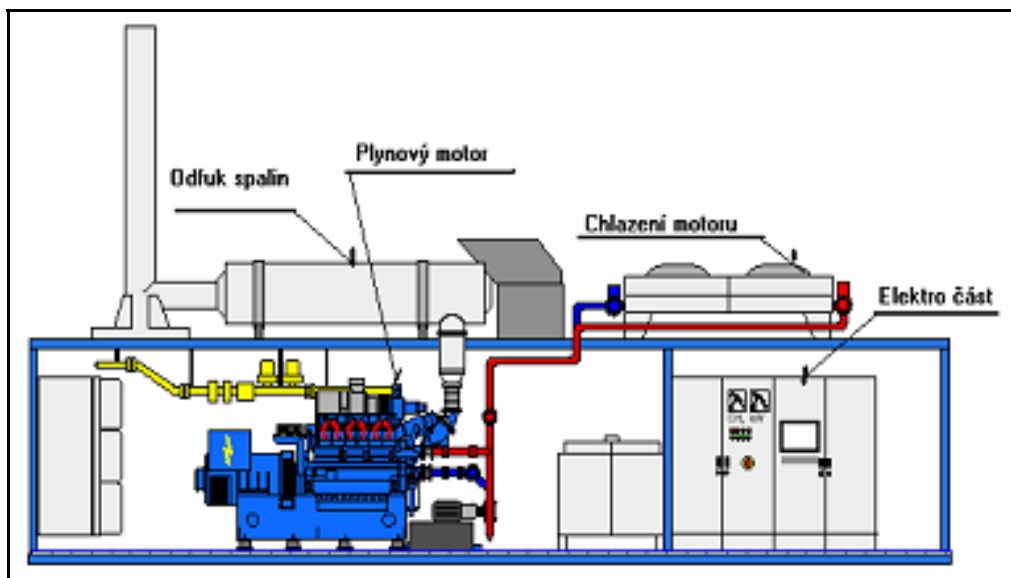
Obr. 1 Funkční schéma KJ.

Důlní plyn ve směšovači se vzduchem tvoří směs, která je nasávána a komprimována turbodmychadlem poháněným spalinami odcházejícími z motoru. Komprimovaná horká směs je chlazená v chladiči směsi a dodávána jako palivo do plynového motoru, kde je spalována. Teplo z chlazení bloku motoru a odcházejících spalin je využito pomocí výměníků zapojených do série pro ohřev vody v teplovodním okruhu. Pro možnost provozu jednotky jen s částečným využitím nebo bez využití tepla může být instalován nouzový chladič a obtok spalin vyřazující spalínový výměník z činnosti.



Obr. 2 Umístění kontejnerové KJ na uzavřeném černouhelném dole.

Elektrická a tepelná účinnost KJ (poměr elektrického + tepelného výkonu jednotky k příkonu energie v přiváděném plynu) se pohybují v rozsahu 40 – 42 %, celková účinnost KJ je proto 80 – 84 %. Tepelným výkonem KJ je součet odpadního tepelného výkonu z chlazení bloku motoru, oleje a spalín. Tohoto tepla lze případně využít např. pro vytápění přilehlých či blízkých stavebních objektů, pro ohřev teplé užitkové vody nebo také pro výrobu chladu pomocí absorpčních chladičů (tzv. trigenerace).



Obr. 3 Kontejnerové uspořádání KJ.

Kontejnerová odsávací stanice slouží pro čerpání důlního plynu do KJ. Tato stanice může být samostatná nebo umístěna v kontejneru s KJ v závislosti na jejím výkonu a na parametrech čerpání důlního plynu. Součástí instalace KJ na dané lokalitě je dále trafostanice pro vyvedení elektrického výkonu.

KJ mohou být provedeny v kontejnerovém uspořádání, kdy celá kogenerační jednotka je umístěna v protihlukovém krytu. Toto uspořádání přináší následující výhody:

- Jednoduchá a rychlá instalace KJ na lokalitě usazením na zpevněnou plochu;
- podstatné snížení hlučnosti plynového motoru;
- možnost jednoduchého operativního přemístění kontejneru na jinou lokalitu.

Základní kontejnerová provedení jsou realizována na základě ISO kontejnerů o rozměrech cca 12 m na délku, cca 3 m na šířku a cca 3 m na výšku.

2.2. Environmentální legislativa

Provozování spalovacího motoru v KJ je posuzováno z hlediska zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Motory musí splňovat požadavky na emise znečišťujících látek ve spalínách dle vyhlášky MŽP č. 356/2002 a nařízení vlády č. 352/2002 Sb. Dle této legislativy je před každým uvedením do provozu prováděno nezávislou autorizovanou osobou v oboru měření emisí NO_x, CO a TOC (celkový organický uhlík) a vyhotoven protokol o tomto měření.

Dále provoz KJ musí splňovat požadavky na hluk ve venkovním prostředí vztažené na danou lokalitu. Zkoušky a vyhotovení protokolů jsou prováděny akreditovanými zkušebními laboratořemi.

2.3. Předcházení provozních rizik

KJ jsou instalovány jako stavby na příslušných vybraných lokalitách činných i uzavřených dolů v OKR. Proto instalace podléhají zákonu č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Na základě tohoto zákona příslušné místní stavební úřady schvalují především:

- řešení vlastnických vztahů s vlastníky pozemků;
- výjimky z obecných požadavků na výstavbu, pokud ochranná pásma zasahují na sousední pozemky stavby;
- umístění KJ z hlediska statiky poddolovaného území;
- splnění ekologických limitů.

Odborná komise dodavatele KJ vyhodnotí na základě příslušných norem nebezpečné prostory u každé KJ (prostor čerpací stanice plynu, prostor motorgenerátoru, prostor elektrických rozvaděčů, okolí plynových chladičů, prostor v plynovodním potrubí) z hlediska definování požadavků na vybavení a provedení elektroinstalace v kontejnerech KJ z důvodu provozování jednotky na důlní plyn.

Dodavatelem KJ je rovněž prováděna zkouška těsnosti přívodního potrubí důlního plynu a okruhu generátorového soustrojí. Dodavatel ke každé KJ vyhotovuje protokol o jakosti a kompletnosti výrobku na základě kontroly a měření elektročásti KJ. Dodavatel dále provádí nastavení ochrany v elektrorozvaděči KJ a nastavení systému regulace sacích čerpadel důlního plynu (tato nastavení jsou dokumentována formou protokolů). Dodavatel KJ provádí revize plynového a elektrického zařízení každé jednotky včetně dokumentování výsledků formou revizních zpráv.

3. Vliv systému na životní prostředí

Posouzení stavu a vývoje životního prostředí a také jeho ochrany je charakterizováno ukazateli (indikátory životního prostředí). Jedná se o ukazatele významné pro společenský rozhodovací proces, který tyto informace využívá mimo jiné v environmentální oblasti. Indikátor je konstruován jako vážená suma emisí plynů způsobující globální změnu klimatu. Celkově se jedná o necelé dvě desítky plynů se zvýšeným radiačně absorpčním účinkem, které jsou do ovzduší emitovány v důsledku lidské činnosti. Hlavní jsou tři skleníkové plyny a to oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄) a oxid dusný (N₂O). Do indikátoru se dále přidávají další skleníkové plyny, jako jsou např. perfluoruhlodíky, hydrogenfluoruhlodíky a SF₆ – tzv. F plyny. Emise jednotlivých plynů jsou přepočteny na hodnotu ekvivalentu oxidu uhličitého pomocí konverzních koeficientů určených na základě jejich radiační účinnosti. Jednotkou jsou Gigagramy – tuny emitovaných plynů přepočítané na Gigagramy CO₂ ekvivalentu. Základním konceptem indikátoru je, že naše planeta je schopna snášet určité zatížení svého klimatického systému. Vlastní skleníkový jev je jedním ze životodárných mechanismů naší planety, kdy některé plyny ohřívají nižší vrstvy atmosféry a udržují tak příznivé klimatické podmínky v průběhu celého dne a období. Kdyby tento jev neexistoval vůbec, panovalo by na zemi mnohem mrazivější podnebí včetně značných rozdílů teploty ve dne a v noci.

Zvýšený skleníkový jev je však od jevu přirozeného hrozbou. Emise skleníkových plynů způsobené lidskou činností, jako je v našem případě těžba nerostných surovin (uhlí), způsobují změny v energetické rovnováze atmosféry. To může mít za následek stoupání mořské hladiny, posun vegetačních pásem, změnu vodního režimu v půdách, zvýšený výskyt teplotních a povětrnostních extrémů a mnoho dalších, dnes těžko odhadnutelných následků. Radiační charakteristiky

skleníkových plynů a tedy jejich příspěvek k celkovému skleníkovému efektu je měřen pomocí tzv. radiační účinnosti, která udává hodnotu průměrného zářivého toku na plošnou jednotku (m²), kterým plyn přispívá k energetickému zisku zemského povrchu. Radiační účinnost je funkcí relativní účinnosti na 1 molekulu (nejvyšší u freonu), koncentrace plynu v atmosféře a absorpčních charakteristik (jaké vlnové délky spektra plyn absorbuje). Radiační účinnost CO₂ je odhadována na 1,46 W/m², pro metan na 0,48 W/m², pro N₂O na 0,15 W/m² a pro F-plyny 0,34 W/m².

Klíčovou roli indikátoru emisí skleníkových plynů hraje tzv. potenciál globálního ohřevu (GWP). Jeho hodnoty jsou používány jako vážící koeficienty pro jednotlivé skleníkové plyny. Hodnoty GWP jsou flexibilní a jejich hodnoty jsou odvozeny od současné míry vědeckého poznání. Princip stanovení jeho hodnoty je založen na různé radiační účinnosti jednotlivých plynů. Plyny díky svému ohřivacímu potenciálu mají různě velkou váhu, která se vyjadřuje právě v podobě GWP. Ten ukazuje, kolikrát má daný plyn vyšší radiační účinnost, než-li CO₂. Pro metan platí v současné době hodnota 21.

V uvažovaném projektu snížení emise metanu do ovzduší, který je předmětem práce, se uvažuje s instalací kogenerační jednotky používající jako palivo důlní plyn. V rámci verifikace objemů snížení emise vycházíme z předpokladu, že v případě, že by se projekt nerealizoval, metan by byl z podzemních prostor emitován do ovzduší přes tzv. odfukové komínky uzavřených hlavních důlních děl (jam). Odřukové komínky jsou součástí technologie likvidace jam dle báňské legislativy. Množství plynu je přepočteno na vztažné podmínky používané v plynárenství, tj. tlak 101,325 kPa, teplotu 15 °C. Množství dodaného paliva (důlního) plynu je možno určit dvěma způsoby. Pomocí měření, které se skládá z analyzátoru (koncentrace metanu), měření průtoku plynu pomocí měřicí clony (objemové množství) a přepočítavače naměřených hodnot na vztažné podmínky. Jednodušší a v praxi častěji používaná metoda je vyjádření spotřeby důlního plynu prostřednictvím měření vyrobené elektřiny na svorkách generátoru a účinnosti motoragregátu, tzv. gensetu dané výrobcem. Tento způsob je použit pro verifikaci snížení emise metanu do ovzduší v uvažovaném projektu.

Tab. 1 Snížení emise ekvivalentu CO₂ využitím spalování CH₄ v KJ.

Instalovaný výkon [kW _{el}]	Provozní hodiny [hod/rok]	Výroba elektřiny [kWh]	Účinnost elektrická [%]	Množství CH ₄ [m ³]	Hmotnost CH ₄ [kg]	CO ₂ - Ekvivalent [t]
1 558	7 500	11 685 000	42,3	2 926 903	2 098 590	38 299
GWP (CH ₄ - 21) v kalkulaci je sníženo na 18,25, protože spálením 1 t CH ₄ je vyprodukováno 2,75 t emisí CO ₂ .						18,25
hmotnost metanu.....0,717 kg/m ³						
výhřevnost důlního plynu (100% CH ₄).....33,977 MJ/m ³9,438 kWh						

Z výpočtu je zřejmé, že spalováním metanu v KJ o výkonu cca 1,6 MW_{el} dojde ročně k redukci skleníkových plynů o cca 38,3 t. Celkový význam a hodnota je však o něco vyšší, protože výroba energií v KJ potenciálně nahradí výrobu v jiných zdrojích, tj. např. teplárnách a elektrárnách, kde jsou spalována fosilní paliva. Význam tedy není pouze ve vlastním spálení konkrétního množství metanu, ale v celkovém pohledu na energetickou politiku v oblasti využívání důlního plynu, jakožto zdrojů energie.

4. Závěr

Primárním účelem kogeneračních jednotek je využití produkce nízkoenergetického důlního plynu o nízké koncentraci spalitelné složky – metanu. Plyn je využíván při výrobě elektrické energie, která je buď spotřebována v místě výroby, nebo dodávána do distribuční sítě. Tepelná energie, jakožto vedlejší produkt, je podle místních podmínek využita pro vytápění přilehlých objektů a přípravu teplé užitkové vody (TUV). Díky skutečnosti, že některé typy motorů spalují důlní plyn o koncentraci už od 30 % metanu ve směsi, posouvají se možnosti těžby a využití důlního plynu do oblastí nízkých koncentrací metanu. Z environmentálního posouzení je zřejmé, že spalováním metanu v KJ o výkonu cca 1,6 MW_{el} dojde ročně k redukci skleníkových plynů o cca 38,3 t. Celkový význam a hodnota je však o něco vyšší, protože výroba energií v KJ potenciálně nahradí výrobu v jiných zdrojích, jako např. v teplárnách a elektrárnách, kde jsou spalována fosilní paliva. Podstatným krokem ve využívání důlního plynu v kogeneračních jednotkách bylo jednoznačně zařazení důlního plynu z uzavřených dolů do seznamu obnovitelných zdrojů energie a garantovaná státní podpora ve formě „zelených bonusů“. Stejná podpora je i při využití důlního plynu z činných dolů, která je o cca 30 % nižší než

u obnovitelných zdrojů. Postupné snižování státních příspěvků k ceně elektřiny vyrobené z důlního plynu bude mít negativní vliv na ekonomiku provozu KJ.

Literatura

- [1] Choleva R.: Nové netradiční způsoby degazace. Konference 40 let degazace v OKR. Havířov 1998.
- [2] Choleva R., Křenek D.: Využití metanu z uzavřených dolů ostravské dílčí pánve. II. Mezinárodní konference „Netradiční metody využití ložisek“. VŠB-TU Ostrava 1999.
- [3] Kunz A., Choleva R.: Netradiční metody degazace. 10 mezinárodní konference „Hornická Ostrava 2000“. VŠB-TU Ostrava 2000.
- [4] Janas J.: Důlní degazace. Publikace. Vědeckovýzkumný uhelný ústav Ostrava-Radvanice 1962.
- [5] Konečný M., Koníček J.: Využití důlního plynu v kogeneračních jednotkách. XIV mezinárodní vědecko-technická konference „Nové poznatky v oblasti vrtání, těžby, dopravy a uskladňování uhlovodíků“. Slovenská republika, Podbanské 2008.
- [6] Meyer J., Gorden S.: Kondice pro projekty důlního plynu a směna emisí. Fraunhoferův ústav pro ekologickou, bezpečnostní a energetickou techniku. Konference Dny důlního plynu. Německo, Oberhausen 2003.