

Pavla OBRUČNÍKOVÁ*

RIZIKO VÝSTUPU DŮLNÍCH PLYNŮ DO KANALIZAČNÍ SÍTĚ

HAZARD EXIT MINE GAS TO THE SEWERAGE SYSTEM

Abstrakt

Tento příspěvek přináší základní informace o řešení úkolu, jehož cílem má být stanovení rizik výstupu důlních plynů z podzemních prostor na zemský povrch. V závěru řeší problematiku vstupu důlních plynů (především metanu) do kanalizační sítě města a možnosti opatření před tímto nebezpečným jevem.

Abstract

The paper deals with basic information of solution which aim is to determine risks of escaping gas from underground areas to surface. Conclusion is solution of escaping of gas (especially methane) to sewerage system of the town and possibilities measure this dangerous effect.

Keywords: Mining, mine gas, sewerage system

Úvod

Těžba černého uhlí a historie Ostravy k sobě neodmyslitelně patří. Nejstarší prokázané archeologické nálezy použití uhlí jako paliva pochází již z mladší doby kamenné, asi před 30 000 lety. Uhlí bylo dobýváno na svazích kopce Landek v Ostravě-Petřkovicích.

První oficiální zpráva o nález uhlí, která byla brána v úvahu i nadřízenými úřady, pochází až z roku 1763. Uhlí objevil a jeho nález oznámil hornímu úřadu v Kutné Hoře klimkovický mlynář Jan Augustin. Uhlí bylo objeveno v údolí Burňa, v místech za bývalou koksovnu dolu Trojice ve Slezské Ostravě (tehdejší Polské). Tento objev znamenal pro tehdy poměrně malé město a jeho okolí nebývalý rozvoj v nejrůznějších oblastech. Uhlí se zde těžilo více jak 200 let.

Je všeobecně známé, že hornická činnost přináší do krajiny negativní důsledky, z nichž mnohé mají dlouhodobý nebo dokonce trvalý charakter jako jsou změny terénu poddolováním, nebo ukládáním vytěženého materiálu vzniklého v průběhu výstavby dolů a těžby.

K závažným negativním vlivům patří také uvolňování důlního plynu z podzemí. Tento jev je v oblastech těžby uhlí běžný. Metan se do důlního ovzduší uvolňuje z uhelné hmoty dobývané sloje, ale také z okolní (průvodní) horniny. V době, kdy probíhala těžba, se uvolňované plyny ředily čerstvými důlními větry na povolené koncentrace. Listopad 1989 však přinesl řadu politických a sociálních změn, které měly za důsledek prudký útlum hornictví což pro samotné město Ostravu znamenalo útlum a pozdější zastavení těžby.

V důsledku ukončení těžby se snížila intenzita větrání nebo se větrání zcela zastavilo. Důlní plyny se začaly hromadit v důlních prostorech a posléze došlo k jejich migraci k povrchu. S tímto jevem je spojeno dvojí nebezpečí. Za prvé vznikající směs může být výbušná nebo se po smísení se vzduchem výbušnou stane. A nebo druhý případ, kdy směs není výbušná, ale vytváří nedýchatelné ovzduší. Nedýchatelné ovzduší se vytvoří v uzavřeném prostoru. Podle dosavadních poznatků zřejmě ne na volném prostranství. Samotný nekontrolovaný výstup metanu do volného ovzduší nepředstavuje téměř žádné riziko, protože metan díky svým vlastnostem stoupá do nejvyšších míst atmosféry.

V současné době se na únik metanu do atmosféry pohlíží kriticky z hlediska ochrany životního prostředí. Vliv metanu je 21krát vyšší ve vztahu k absorpci tepla, než oxidu uhličitého a podílí se tak vlastně 23 % na celkových emisích. Z těchto emisí je okolo 20 % ze stacionárních energetických zdrojů a zdrojů, které uvolňují hlubinné doly.

* Ing., VŠB-TU Ostrava, HGF, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

Další problém nastává v okamžiku, kdy metan exhaluje do uzavřených prostor a těch se ve městě vyskytuje více než dost. Jedná se o podpovrchové komunikace, kanalizace, vodovody, plynovody ať už funkční nebo dávno opuštěné a ponechané v zemi.

Vlastnosti důlních plynů

Důlní ovzduší se odlišuje od ovzduší na povrchu zejména tím, že větry postupující důlním dílem přicházejí o část kyslíku a obohacují se jinými plyny. Přiměsí se v důlních větrech objevují proto, že se jim hornickými pracemi otevírá z horninového masívu cesta a také proto, že vznikají přímo v souvislosti s prací člověka.

U činných dolů dochází vlivem větrání k vytvoření ovzduší, které svým složením odpovídá požadavkům na dýchatelnou atmosféru. Ve zlikvidovaných dolech se nachází atmosféra stařinná, která je tvořena důlními plyny. To jsou metan (CH_4), oxid uhličitý (CO_2), dusík (N_2), a nízká koncentrace kyslíku (O_2). Dále se zde vyskytují ve stopovém množství vyšší uhlovodíky.

Zvláštní pozornost vyžaduje metan. Jedná se hořlavý plyn, lehčí než vzduch $\rho = 0,7168 \text{ kg/m}^3$ (vzduch má hustotu $\rho = 1,2928 \text{ kg/m}^3$). Tento plyn je při koncentraci 5-15 % výbušný. Ve směsi vzduchu vytěsňuje kyslík, hovoří se o vytěsňování kyslíku metanem. Při koncentraci 29 % metanu je podíl kyslíku jen 15 % a způsobuje závrať. Při 38 % metanu je podíl kyslíku pouhých 13 %. Takové ovzduší způsobuje bezvědomí a po delší době i smrt. [1]

Migrace metanu z důlních prostor k povrchu

Po ukončení těžby a uzavření dolu se přestanou důlní prostory odvětrávat, ale uvolňování metanu nekončí, pouze se zredukuje. Metan se začíná kumulovat v podzemních prostorách a hledá si vhodné cesty, kterými migruje k povrchu. Tyto komunikační cesty lze z hlediska charakteru výstupu plynů na povrch rozdělit do dvou skupin:

- a) zdroje bodového charakteru – za nebezpečnou oblast je považováno vyústění některých důlních děl na povrch a jeho okolí.
- b) zdroje plošného charakteru – kdy na povrch migruje plynová směs z vyrubaných porubů a starých důlních děl, ve větším plošném rozsahu.

Faktory ovlivňující výstup důlních plynů na povrch

Výstup důlních plynů na povrch, především metanu, ovlivňuje řada přírodních a báňsko-technických faktorů. Uvedu zde některé, jejichž vliv je významnější.

Přírodní faktory

- *Původní plynodajnost horninového masívu* – je rozhodujícím faktorem. Určujícím faktorem množství metanu unikajícího na zemský povrch je původní plynodajnost horninového masívu. Závisí na tom, jak mohl metan unikat již během svého vzniku při prouhelňovacím procesu.
- *Tlak důlních plynů* – pohyb důlních plynů v podzemí a jeho výstup na povrch je dán tlakovým rozdílem mezi místem jeho výskytu v podzemí a místem na povrchu. V případě výstupu důlních plynů na povrch je rozhodující rozdíl mezi tlakem důlních plynů a barometrickým tlakem. Byla potvrzena závislost, že při určité výšce barometrického tlaku dochází k výstupu plynu z podzemí a při zvýšení této hodnoty plyn k povrchu neproudí. Může nastat i stav, že proudí vzdušiny do podzemí. Práce [8] uvádí, že takovou hodnotou, kdy proudí vzdušiny do podzemí, je pro lokalitu jaklovecký důl, barometrický tlak vyšší jak 1020 hPa..
- *Teplotní rozdíl* – denní kolísání teplot na povrchu sahá do hloubky cca 1 m. V hloubce asi 20 metrů je stálá teplota, která odpovídá roční průměrné teplotě na povrchu. Hluběji teplota stoupá podle geotermického stupně. Geotermický stupeň je počet metrů, o něž je nutno sestoupit, aby teplota stoupla o 1°C (průměrná hodnota geotermického stupně v OKR je 33 m). U činného dolu je hornina obklopující důlní dílo ochlazována větrním proudem a vytváří se tzv. tepelný vyrovnávací plášť. Po ukončení umělého větrání dolu a jeho uzavření přestávají působit chladící účinky větrního proudu a důlní plyny ve volných podzemních prostorách se ohřívají. Rozdíl teplot na povrchu a v podzemí způsobuje proudění důlních plynů díky rozdílné hustotě teplého a studeného plynu.
- *Tektonické poruchy* – vytvářejí přírodní komunikaci pro šíření důlních plynů.

- *Pokryvný útvar* – závisí především na mocnosti pokryvného útvaru, jeho plynopropustnosti a porušenosti vlivem přírodních procesů a hornické činnosti. V několika případech v OKR pokryvný útvar zcela chybí, karbonský masív vystupuje na povrch a tvoří tzv. karbonská okna.
- *Barometrický tlak* – je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících výstup důlních plynů. K nehodám spojených s výstupem důlních plynů na povrch došlo především při prudkém poklesu barometrického tlaku, přičemž za prudký pokles je považována jeho změna 20 hPa/24 hod.

Báňsko-technické faktory

- *Vlivy dobývání* – plynopropustnost neporušeného karbonského masívu je poměrně malá. Rozhodující pro výstup důlních plynů na povrch budou mít vlivy hornické činnosti (především dobývání) na nadložní masív.
- *Likvidace dolů*
 - *Zastavení větrání* – podle báňské legislativy musí mít činný důl samostatný větrní systém. Zastavení větrání likvidovaného dolu má zásadní vliv na intenzitu a rozsah výstupu důlních plynů. Dochází k okamžitým výrazným změnám. Mění se složení důlního ovzduší na stařinnou atmosféru, narůstá tlak a teplota důlních plynů, což jsou faktory podporující výstup plynů na povrch.
 - *Omezení degazace* – na činných dolech musela být v řadě případů zavedena degazace pro řešení zvýšené plynodajnosti uhelných slojí a jejich okolí. Po likvidaci dolů jsou některé degazační stanice rušeny především z komerčních důvodů.
 - *Likvidace hlavních důlních děl ústících na povrch* – pokud jsou dodrženy správné báňsko-technické zásady likvidace jam, potom taková jáma může sloužit pro řízené odvádění důlních plynů na povrch. To však vyžaduje, aby v jámě bylo instalováno odplyňovací potrubí propojené přes uzavírací hráze na volné důlní prostory nebo zřízena jámová zátka a ponechán volný prostor ve spodní části jámy. Dle potřeby může být tento odplyňovací systém napojen na zdroj podtlaku. Pokud však je jáma zlikvidována nepropustným materiálem (např. popilkocementovou směsí, betonem), potom jamou nemohou být odváděny důlní plyny, a ty pak budou na povrch vystupovat nekontrolovatelně různými komunikacemi.

Nebezpečí výstupu důlních plynů do kanalizační sítě a riziko jejího zaplavení

Riziko související s možností lokálního výstupu důlních plynů do kanalizační sítě je problém o to závažnější, že touto sítí může plyn migrovat v nepředvídatelných koncentracích, kdy je nebezpečí výbuchu nezanedbatelné. Navíc toto vše se děje v osídlených oblastech.

Je znám nejméně jeden případ, kdy metan pronikl do kanalizace a dostal se do míst, kde ohrožoval obyvatele měst. V poslední době se tento problém týká nejvíce města Orlová. [3, 7]. K úniku metanu tam docházelo ze starých důlních prostor a plyn se dostával do kanalizační sítě orlovského náměstí.

Starosta Orlové podal na poradě dne 11. června 2002, svolané MŽP, k dřívější, obdobné události následující informaci. Jednalo se o organizaci havarijního zásahu v této lokalitě. Tedy předně na území se setkávají 3 organizační subjekty. Diamo, st.p., ten zodpovídá za stará důlní díla, VVUÚ, a.s. zde instalovalo metanoměrné čidlo a OKD-DPB, a.s., na území provádí měření, kontrolu a zhotovuje odlehčovací vrty. Když metanoměrné čidlo signalizovalo nebezpečnou koncentraci, dostavil se na místo jako první, starosta města. Při hodnocení akce později uváděl, že neměl nikoho, kdo by zásah řídil. DPB oznámilo, čidlo není naše. Když později, po zásahu policie, kterou starosta požádal o podporu, se zástupce DPB dostavil, nemohl čidlo kalibrovat, protože neměl klíče od budovy. Po příjezdu HBZS a hasičů, jako součástí Integrovaného záchranného systému nebyl na místě nikdo, kdo by mohl plnit významnou funkci Vedoucího likvidace havárie. Prostě nikdo nebyl schopen vydávat příkazy, jak nebezpečí likvidovat. Náměstí bylo neprodleně uzavřeno a technici z Revírní báňské záchranné služby začali metan odvětrávat. Je nutno ale konstatovat, že situace se od té doby značně zlepšila. Podrobněji rozvádím přijatá opatření v závěru příspěvku.

Městskou kanalizační sítí je nutno považovat za podzemní prostory (popř. chodby), a co je nejdůležitější, že se v ní řeší z hlediska fyzikálního i chemického stejný problém jako v důlní větrní síti. Tímto problémem je odvětrávat podzemní prostory tak, aby se koncentrace metanu v ovzduší těchto podzemních děl snížila pod stanovenou mez, určenou dle [4].

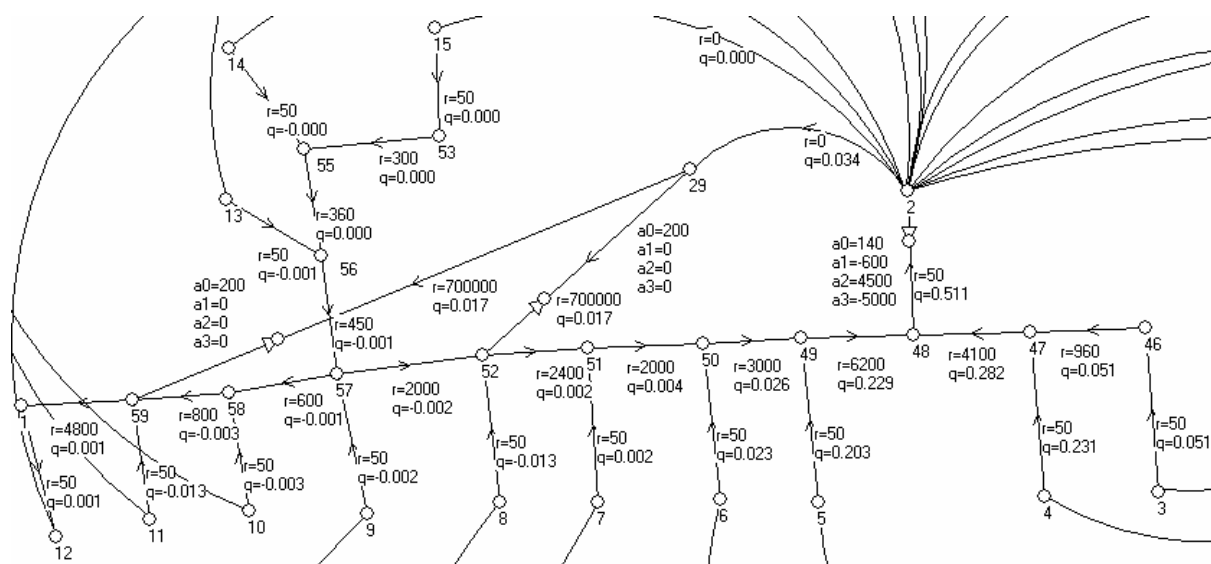
Nepříznivě na exaktnost řešení problému minimalizace rizika výstupu metanu působí také skutečnost, že kanalizační sítí není možné vizuálně zkontrolovat, protože některé úseky jsou ucpány, nejsou průlezné a

vzhledem ke stáří kanalizace i s ohledem na proudění splašků mnohdy tvarově nerovnoměrné. Vzhledem k uvedenému nelze vyloučit ani možnost existence vydrolených míst v kanalizaci, kde se může, hlavně ve stropní části, metan hromadit ve vyšších koncentracích, a pak v důsledku přirozených či uměle vyvozených tlakových změn či změn průtoku splašků může dojít k jeho míšení se vzdušinami proudícími kanalizací. Tím může dojít i ke skokovému nárůstu koncentrace metanu před kanálovou vpustí v místě nasávání vzdušin odvětrávacím zařízením.

Příklad řešení problémů při možném vzniku nepříznivých koncentrací v kanalizační síti v Orlové

K zvládnutí uvedených problémů v kanalizační síti je zde podle [7], příklad, jak lze pro tento účel využít poznatků z důlního větrání. Když došlo, jak výše uvádím, k zaplňování kanalizace v centru Orlové, rozhodly se odpovědné organizace použít k definitivnímu řešení situace odsávací zařízení OZ 315 P2. Toto zařízení bylo instalováno na vybrané kanalizační poklopy (šachtice). Pracovalo s depresí „dp“ přibližně 397 Pa a s objemovým průtokem $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. V určitých místech sítě vystupoval do kanalizace plyn s přetlakem „ p_s “ 200 Pa.

Vznikla tak situace, kterou jsem v programu Graf_sit zobrazila na obr. 1. Na tomto obrázku je vykreslena kanalizační síť a jednotlivé poklopy (šachtice). Na nich byly také v průběhu zkoušky měřeny rychlosti proudění a z nich stanoven objemový průtok. Současně se naměřené hodnoty porovnávaly s hodnotami, které vypočítal tento model a shoda byla přijatelná.



Obr. 1: Orlová - kanalizace v oblasti ulic Palackého, Petra Cingra, Dr. M. Tyrše

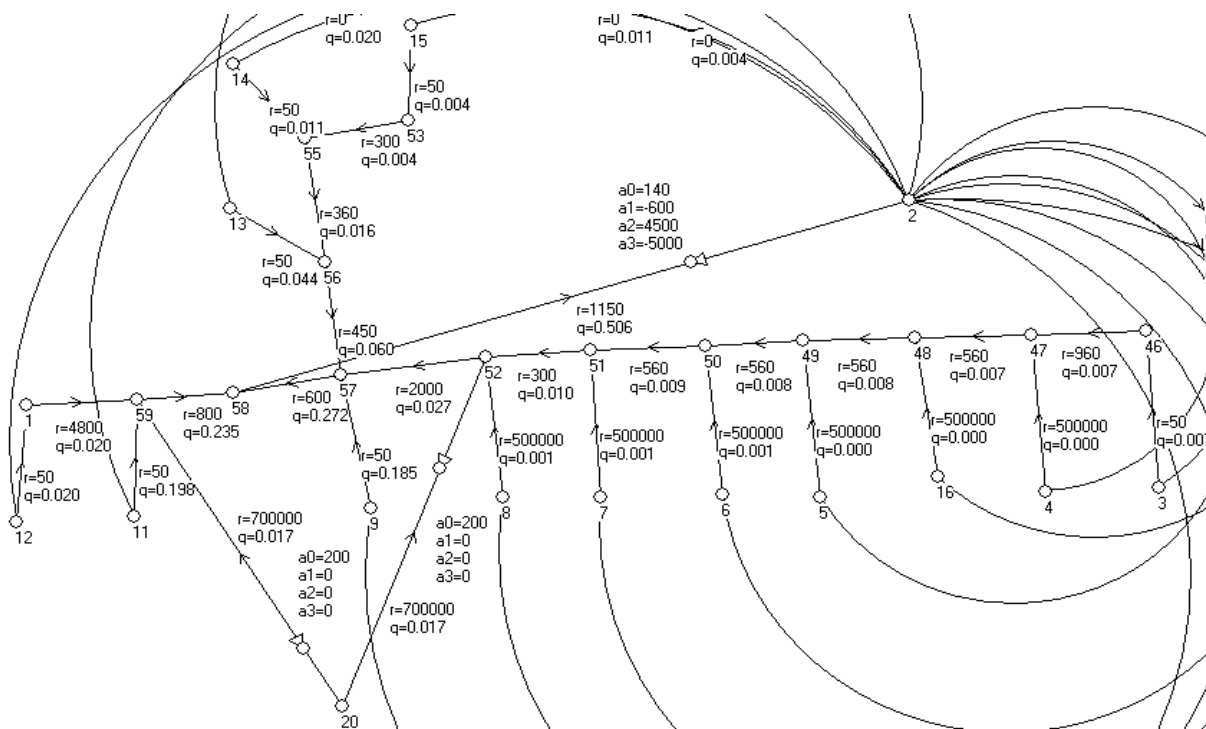
Poznámka: Zmíněné poklopy (šachtice), označuji v textu zkratkou RŠ. Model s odvětráváním odsávacím zařízením (OZ) na RŠ 48 při působení vnitřního tlaku $p_s = 200 \text{ Pa}$ do RŠ59 a RŠ52. Čísla uzlů menší jak 30 představují propojení s virtuálními větvemi. (Uzly 46 až 59 korespondují s označením šachtic (poklopů) RŠ 46 až RŠ 59.)

Závěr k modelu s odvětráváním na RŠ 48 při působení vnitřního tlaku $p_s = 200 \text{ Pa}$ do RŠ59 a RŠ52. Při otevřených šachticích bude plyn na RŠ 52, 57, 58, 59 vystupovat z podzemí do kanalizace, případně i na povrch. OZ ho nesvede. Jeho produkce (objemový průtok) je v hodnotách $q = 0,0013$ až $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$. Výstup plynu k povrchu poznáme podle záporného znaménka u objemového průtoku „ q “.

Dále je na obr. 2 uveden příklad výpočtu, kdy se uzavřely poklopy (šachtice) RŠ 47, 48, 49, 50, 51, 52. Oproti obr. 1 se situace změnila tak, že OZ bylo instalováno na RŠ 58. Tlak plynu z podzemí působil jako na obr. 1 v RŠ 59 a RŠ 52.

V daném příkladu na obr. 2, plyn na povrch nevystupoval.

Pozn. k uvedeným modelům: Program je sestaven tak, že odpor cest zobrazuje jako „ r “ a objemový průtok „ q “.



Obr. 2: - Orlová - kanalizace v oblasti ulic Palackého, Petra Cingra, Dr. M. Tyrše

Stručná informace o programu Graf_sit

Tento program je používán v různých verzích při řešení úloh zejména důlního větrání. Ale jsou známé i případy, kdy byl použit k určení teplotních změn při důlních záporech. Některé verze jsou přístupné na Internetu a jednu z nich jsem využila ke zpracování těchto modelů. Program grafickým výpisem zobrazuje hlavní zákonitosti proudění média v síti. Může to být síť důlního větrání, ale jak jsem dokázala v této aplikaci třeba i kanalizační síť.

Program Graf_sit vytváří soustavu uzlů a větví, které uzly vzájemně spojují. Každé větví jsou přiřazeny tyto hodnoty:

Q - objemový průtok větví [m^3/s]

R_t - odpor tření [kg/m^7]

Δp - změna tlaku (rozdíl potenciálů mezi počátkem a koncem větve) [Pa]

Δp_z - rozdíl potenciálů vytvářených zdrojem (je-li tento ve větvi) [Pa]

V programu Graf_sit jsou označeny jednotlivé veličiny takto:

r - odpor jednotlivých větví větrací sítě

q - objemový průtok v jednotlivých větvích

p - tlak, který vznikne v jednotlivých uzlech sítě

a_0 - deprese ventilátoru, případně tlak, který působí v určité větvi modelu

Závěr

K problému výstupu důlních plynů na zemský povrch by se mělo přistupovat s největší pečlivostí vzhledem k tomu, že se jedná o životy, zdraví a bezpečnost obyvatelstva. Současné řešení spočívá v důsledném monitorování případných úniků. Po nabytí zkušeností s tímto jevem a získání finančních zdrojů, především za iniciativy Českého báňského úřadu, se systém ochrany výrazně zlepšil. Byla vyhledána a kvalifikovaně

zajištěna stará důlní díla (SDD), odvrtnána rozsáhlá síť odplyňovacích a monitorovacích vrtů. Byly vybudovány a neustále jsou provozovány dvě odsávací stanice. V provozu je monitorovací systém s dálkovým přenosem dat. Kanalizační síť byla rozsáhle rekonstruována a v kritickém místě Starého náměstí v Orlové byl vybudován zcela nový kanalizační řád. Od roku 2004 je nebezpečí výstupu metanu do kanalizační sítě minimalizováno a nebyly naměřeny vyšší koncentrace než 1 % CH₄.

Literatura

- [1] METAN. Technické informace č. 342. *GAS, s.r.o. 1996.*
- [2] DPB Paskov, a.s.: Kategorizace území v ostravské dílčí pánvi. *1998.*
- [3] PROKOP, P.: Odborné posouzení dílčího řešení úkolu „Zpracování projektu výroby a instalace zařízení k aktivnímu odsávání kanalizační sítě“ projektu „Opatření k odstranění havarijních výstupů metanu v městě Orlová“. *Ostrava 2004.*
- [4] Vyhláška č. 22/1989 Sb. Českého báňského úřadu ze dne 29. prosince 1988 o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí ve znění pozdějších úprav.
- [5] PROKOP, P.: Plynodajnost a degazace. *Skripta VŠB-TUO.*
- [6] PROKOP, P.: Riziko vystupujícího stařinného ovzduší z podzemí na povrch v lokalitách s ukončenou těžbou uhlí. In: *Sborník přednášek projektu česko-polské spolupráce Kontakt, Ostrava VŠB-TUO, 2001.*
- [7] LÁT, J.: Posouzení provozu odsávacího zařízení OZ 315 P2 na kanalizační síti v Orlové. *Pro Eurogas, říjen 2003.*
- [8] LÉTAVKOVÁ, D.: Statistické hodnocení údajů získaných monitorováním vrtů Jaklovecké oblasti. *VŠB-TU Ostrava, září 2003*

Resumé

It is generally knowledge, that mining activity brings negative implications to the surrounding area. Many of them are longstanding or they have permanent character. For example changes of terrain or disposal of exhausted materials incurred in the process of development mines and coal-mining.

One of the most important negative implications is gas outlet from underground. This effect in coal-mining is very typical. Exhalation of methane gets to main air from coal seam but from accessory rock, too. When was coal mining, loosed gas was diluted with fresh mine winds to legal concentrations.

After finishing exploitation it stopped with ventilation, but methane was still escaping. Methane was reduced only. Methane began accumulate in underground and it is going up outwardly now. Danger of local gas outlet to drain pipe was starting to be very important. Methane in drain pipe can migrate in unforeseeable quantum. This problem is so important, because the danger of explosion is inconsiderable there and it happens in populated areas. It should access with infinite care about problems with gas outlet outwardly. At stake are life, health and safety of population. Current solution is consistent monitoring of appropriate outlets, making controlling drill holes and install sensor of methane around endangered buildings. Older manhole covers are changed with new. New manhole covers have holes for gas escape.

One of the possibilities is installation artificial ventilation for exhausting issue gas. Trouble is that gas is not all the time in drain pipe. Outlet of gas is relating with drop in barometric pressure, so installation of suction apparatus is very expensive. The more safety we want to achieve, the more expensive it is. The question is: “should we save up money in this case?”

Recenzenti: Ing. Petr Rošner, DPB Paskov,
Ing. Petr Bárta, Ph.D., OBÚ Liberec,
prof. Ing. Jindřich Lát, CSc.