

Dlouhodobá komplexní měření na hnědouhelné skládce

Ing. Vlastimil Moni, Ph.D.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., tř. Budovatelů 2830/3, Most; moni@vuhu.cz

Přijato: 23. 1. 2013, recenzováno: 14. a 27. 3. 2013

Abstrakt

Článek se zabývá realizací dlouhodobých komplexních měření „in situ“ v zimním a letním období na vybraných hnědouhelných skládkách, prováděných v rámci řešení druhé etapy č. E002 projektu TA ČR programu ALFA s názvem „Výzkum možností predikce vzniku záparů a následného samovznícení hnědouhelných paliv“. Příspěvek si klade za cíl stručně informovat čtenáře o postupu prací v rámci řešení předmětného projektu v roce 2012, kterým se řeší výzkum, vývoj a ověření komplexní celoplošné metody včasné identifikace počínajícího ireverzibilního stavu zapaření hnědouhelné hmoty směřujícímu ke vznícení (požáru) uhelné hmoty.

Long term complex measurements on the brown coal deposit

The article deals with the realization of the long-term comprehensive measurement in "in situ" conditions in the winter and the summer period on selected brown coal deposits carried out in the framework of the second stage of the TA CR project in the ALPHA program with the title "Research of possibilities of prediction of self-heating and subsequent self-ignition of brown coal fuels". The contribution aims to briefly inform about the progress of the work in the year 2012. The project is focused on the research, development and validation of the comprehensive method for an early identification of the beginning of an irreversible condition of the brown coal mass self-heating tending to the self-ignition (fire) of the coal mass.

Langfristige komplexe Messungen auf einer Braunkohledeponie

Der Artikel befasst sich mit der Umsetzung komplexer Langzeitmessungen „in situ“ in der Winter- sowie Sommerperiode an den ausgewählten Braunkohledeponien, welche im Rahmen der zweiten Etappe Nr. 002 des Projektes TA CR im Programm ALFA unter dem Namen „Forschung der Prädiktionsmöglichkeiten der Entstehung von physikalischen Bedingungen für anschließende Selbstentzündung von Braunkohlebrennstoffen“ durchgeführt wurden. Der Beitrag setzt sich als Ziel Leser zu informieren über dem Arbeitsvorgang im Rahmen der Lösung dieses Projektes im Jahr 2012, mit dem die Forschung, Entwicklung und Überprüfung eines komplexen flächendeckenden Verfahrens der Früherkennung eines beginnenden irreversiblen Zustandes der Braunkohlemassen gelöst wird, der zur Entzündung (zum Brand) der Kohlemasse führt.

Klíčová slova: hnědé uhlí, deponie, samovznícení uhlí, monitoring, predikce kritických teplot, emise plynů, snížení ekonomických ztrát, zlepšení životní prostředí..

Keywords: brown coal, coal deposit, the self-ignition of coal, monitoring, prediction of the critical temperatures, gases emissions, reduction of economic losses, the improvement of the environment.

1 Úvod

Koncepce zmiňovaného projektu je postavena na dlouhodobé zkušenosti jednotlivých členů řešitelského týmu s problematikou procesů spontánní oxidace a termoakumulace uhelné hmoty, aplikacemi termovizních měření, uhelnou petrologií a upravenými metodami užitými geofyziky, včetně karotážních měření. Předpokládá polní, celoplošná měření povrchové a vnitřní teploty a odvozených projevů samovznícování uhelné hmoty na reálných tělesech hnědouhelných sypanin (deponiích, závalových výplní vyrubaných prostor) či zbytkových pilířů a uplatnění laboratorních metod simulujících procesy oxidace (včetně samovznícení) a analýz charakteristických parametrů souběžně odebíraných vzorků uhlí. Cílem je získat relevantní údaje, jejichž následná analýza pak určí rozhodující vlivy a jejich souvislost s dalšími vlivy na samotný proces samovznícení hnědého uhlí, a ověřit vztah distribuce teplotních anomálií ve vztahu ke změnám rozložení povrchových teplot na skladovaných tělesech uhlí bez použití náročných postupů měření teploty tělesa zaraženými sondami. Dlouhodobá měření jsou realizována především na

a v tělesech uhelných sypanin deponovaných na skládkách uhelných produktů, kde je možné sledovat vývoj vnitřní a povrchové teploty od počátečního nasypání až po jejich samovznícení. Pro srovnávací měření vnitřních a povrchových teplot hnědouhelné masy je aplikována modifikovaná verze geofyzikálně-karotážní metody termometrie pro sledování vnitřní teploty zkušební tělesa v zaražených sondách. Sledovány jsou i plynové odezvy obrazů probíhajících změn vnitřního prostředí i složení vnější plynové aureoly tělesa v čase, rovněž i změny vlhkosti či pórozy. Analyzovány jsou základní parametry kvalitativního složení uhlí z celé skládky (pilíře, závalu) a statisticky vyhodnocovány. Velmi důležité jsou i vývoje laboratorních simulací adiabaticky termické a oxidační metody s autentickou uhelnou hmotou. Vedle zakódované predispozice geochemických procesů formování hnědouhelné masy během procesů karbonifikace a jejího původního složení na stupeň náchylnosti k samovznícení se významně uplatňují i vnější atmosférické vlivy.

Partikulární komparace a komplexní interpretace získaných výsledků bude syntetizována do optimálního řešení, jehož základem bude termovizní metoda.



Obr. 1: Pokusná hromada č. III na depu Hrabák – zapuštěné měřicí sondy.

2 Provozní měření in situ

V průběhu roku 2012 byla řešitelským týmem realizována komplexní dlouhodobá provozní měření vnitřní a povrchové teploty těles uhlí v zimním a letním období (za různých klimatických a atmosférických podmínek), odběry vzorků čerstvého a zapařeného uhlí, meteorologických údajů o teplotě vzduchu v době měření, srážkách, větru, UV záření atd., a měření indikačních plynů samovznícení hnědých uhlí. Náročná měření probíhala na čtyřech (první měření bylo ověřovací) experimentálních hnědouhelných deponiích, které byly k dispozici na lokalitě skládkového depa Hrabák v areálu Vršanské uhelné a.s. Průměrná délka jednoho komplexního měření se pohybovala v délce přibližně dvou měsíců. Při každém měření byly pomocí nejmodernější techniky i vlastním systémem měření získány statisíce dat o měřených klíčových parametrech, které mají rozhodující vliv na proces samovznícení uhlí. K tomuto účelu bylo využito modifikovaných způsobů geofyzikálně-karotážních metod, tj. zarážení ocelových sond o délce 5 m a 4 m.

2.1 Měření povrchových teplot

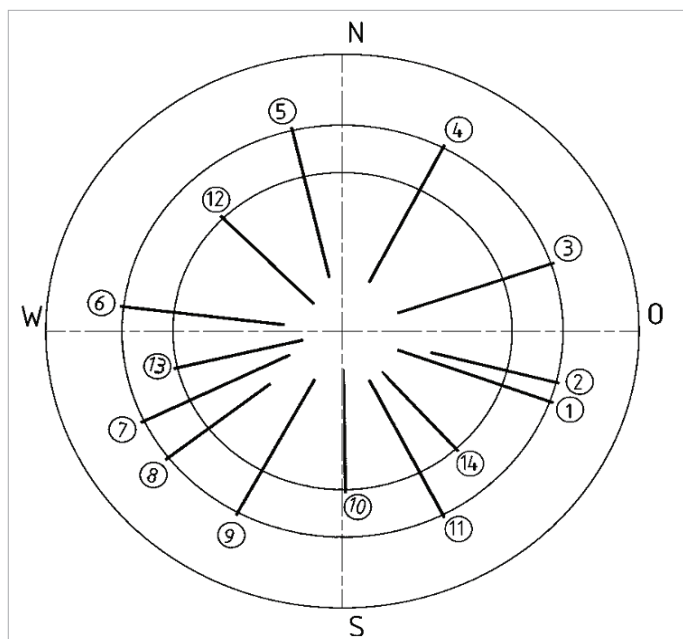
Pro účely měření povrchových teplot byla vytvořena a publikována „Metodika měření teplot hnědouhelné deponie“ [1,2]. Tato metodika popisuje základní postup a podmínky měření při zjišťování aktuálních teplot povrchu pláště skladovaného tělesa hnědého uhlí pomocí termovizní aparatury. V předmětné metodice je uveden vlastní postup měření, včetně postupu vyhodnocení pořízených termogramů a návrhu zapisování zjištěných výsledků.

V průběhu každého sledovaného období čtyř komplexních měření, tj. od nasypání pokusné hromady až do doby, kdy byla odebrána veškerá měřicí technika a hromada provozovatelem depa odtěžena, byla prováděna termovizní měření povrchové teploty pláště hnědouhelné deponie. S těmito měřeními plně korespondují i plynoměrné odběry. Jednotlivé záznamy termovizních měření byly zpracovány do připravených protokolů. Z vyhodnocených termogramů pořízených v rámci jedné sady měření byl vždy vytvořen graf povrchových teplot, viz obrázek č. 3.

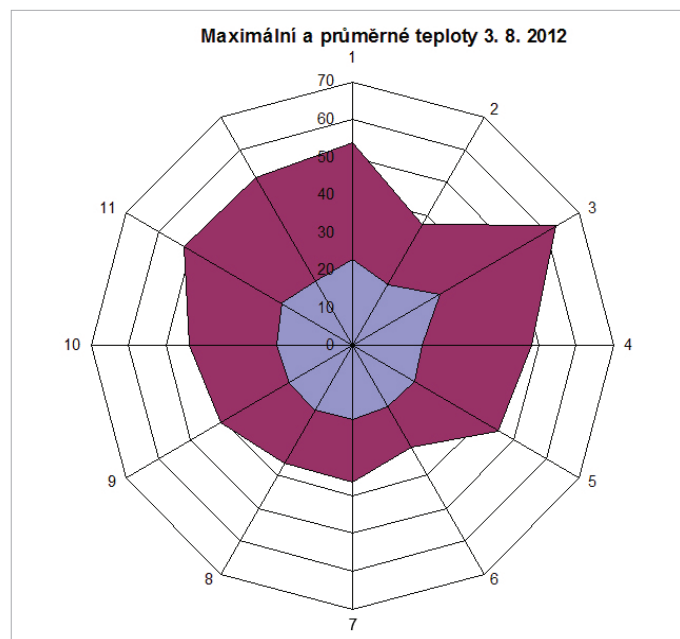
2.2 Vnitřní bodová teplota měřená pomocí měřicích sond

Pro účely sledování vnitřní teploty skladované hnědouhelné masy byly navrženy prototypy ocelových sond o průměru přibližně 50 mm, délky cca 5 m se speciálně krytými odběrovými místy, vybavenými hadičkami pro odběr plynových vzorků a osazenými termočlánky pro přesné měření teploty. Rozteč mezi jednotlivými měřicími místy podél sondy je 1 m. Ke kontinuálnímu bodovému měření vnitřní teploty, tj. ke zjišťování tepelného stavu skladovaných těles a jeho dynamických změn, jsou použity moderní termočlánky typu K, napojené na měřicí a vyhodnocovací ústřednu s bezdrátovým přenosem dat. Odběrová sonda je v místě vyústění konektorů termočlánků a odběrových hadiček opatřena chráničkou, která má speciální hák pro snadné zarážení (vytažení) odběrové sondy do (z) deponie pomocí nakladače.

Systém umístění, resp. zarážení sond do hnědouhelné masy, byl uspořádán ve dvou horizontech v šachovitěm schématu



Obr. 2: Pokusná hromada č. IV - schématické rozmístění sond.

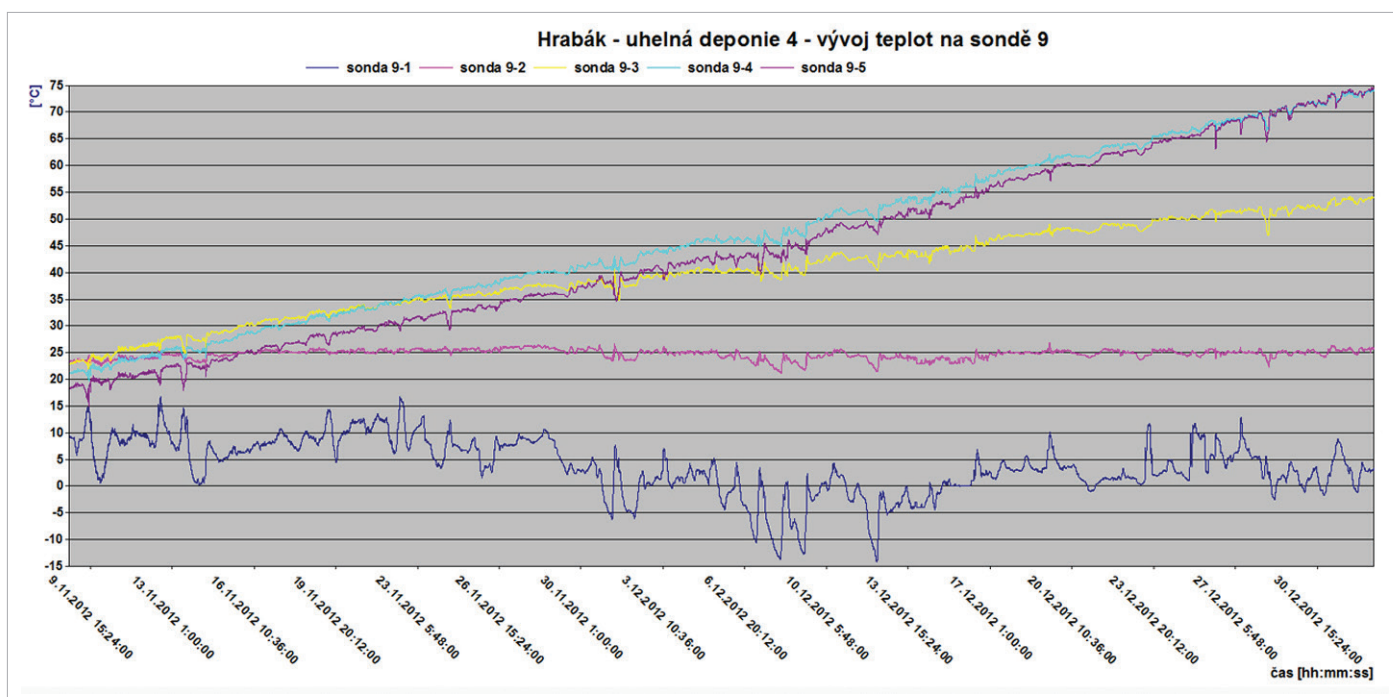


Obr. 3: Ukázka výstupu z měření povrchových teplot - graf teplot.

tak, aby byla pokryta co největší plocha sledované deponie. Vyhodnocovací ústředny s bezdrátovým přenosem dat byly naprogramovány tak, aby získávaly informace o vývoji vnitřní teploty uhelné masy se vzorkovací frekvencí jednou za sekundu (vzorkovací frekvenci ukládání měřených hodnot je možné dle potřeb kdykoliv upravit). Aktuální hodnoty teplot tak bylo možné získat z jakéhokoliv místa na zemi přes wifi modem do mobilního telefonu či notebooku a operativně jednat při výrazné změně teplot uvnitř tělesa. Data z měřicích ústředí bylo také možné získat zpětně po ucelených balíčcích na místě přes kabelové spojení či přes Bluetooth. Ukázka výstupu z jedné měřicí sondy je na obrázku č. 4.

2.3 Zjišťování vnitřní liniové teploty měřené s využitím pomocných sond

Pro ověření úrovně a dynamiky vývoje teplot v čase a v prostoru sledovaného tělesa byla dále aplikována modifikovaná geofyzikální metoda geotermometrické vrtní varianty – karotáže. Základní, v provozních podmínkách již ověřený, způsob spojitého měření vnitřní teploty v nasypaném tělese hnědo-uhelné sypaniny využívá zarážených ocelových sond – trubek na konci vykovaných do kónusu. Vnitřní měřicí pomocná sonda – ocelová kulatina délky 4 m – je vložena do vnější sondy, tzv. pouzdra. Experimentálně v laboratořích Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s. bylo prokázáno, že ocelové pouzdro



Obr. 4: Ukázka výstupu z měření vnitřních teplot.

trvale uložené v hromadě uhlí se ohřeje vnitřní teplotou uhelné hmoty a následně předá teplo pomocné sondě. Během observace je sonda vytažena a bezprostředně poté změřena její povrchová teplota po metrových dílech pomocí termovizní kamery. Ukázka takto pořízeného záznamu z 3. až 4. metru pomocné sondy č. 13, vyhodnoceného v připraveném formuláři, je patrná z následujícího obrázku č. 5. Z uvedené ukázky pořízeného záznamu je možné rovněž odečíst maximální teplotu naměřenou na metrovém intervalu ocelového jádra, která je 62,9 °C.

Doplňkové sondy tak jednoznačně představují jednoduchou a finančně nenákladnou variantu orientačního získávání základních informací o vývoji teplot uvnitř pokusné hnědouhelné hromady. Délku doplňkových sond je možné dle potřeb a v rekci na velikost hromady hnědouhelné masy zvýšit o jeden až dva metry při použití delšího pouzdra a vnitřní sondy.

2.4 Měření meteorologických vlivů

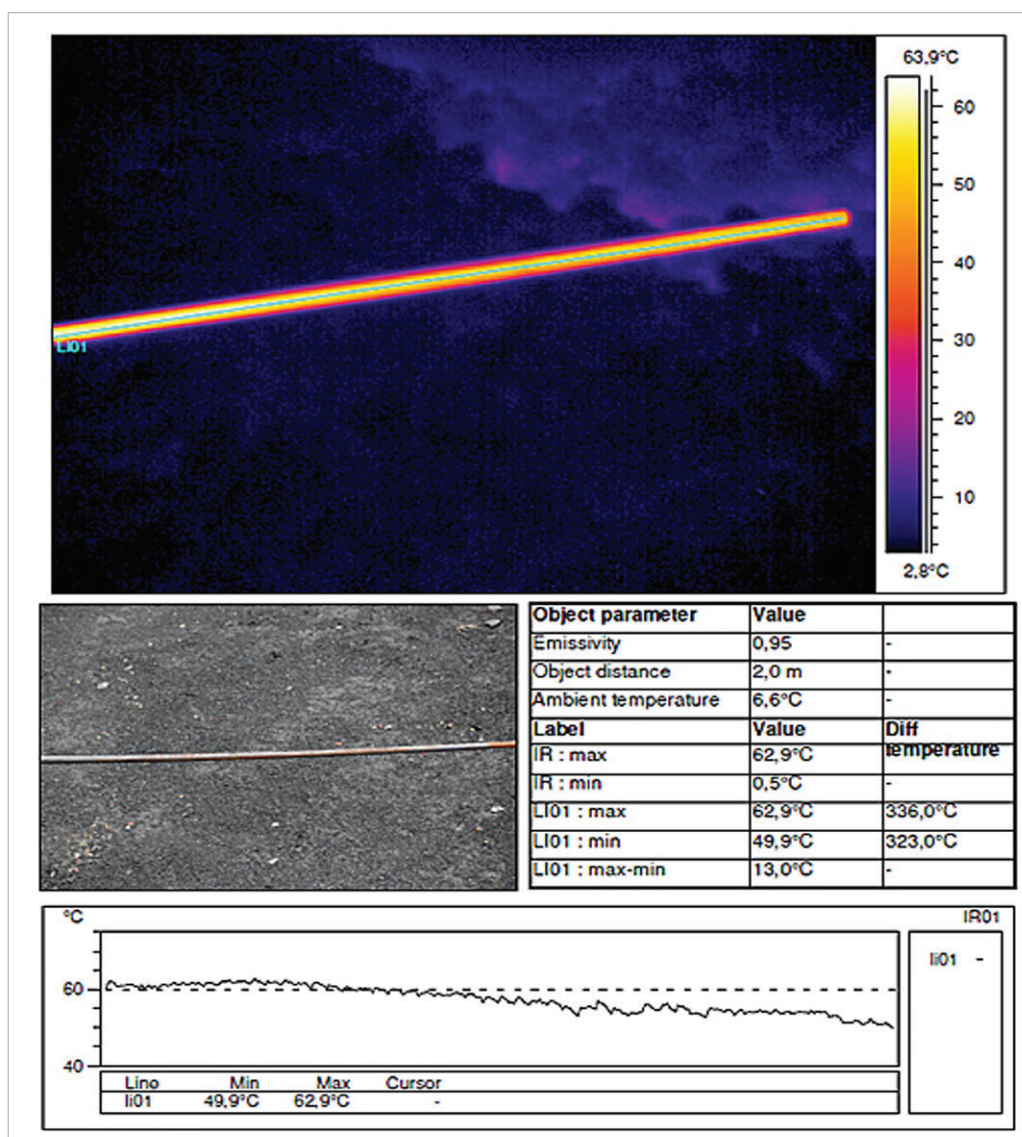
Posouzení vlivu atmosférických podmínek (informace o délce slunečního osvětlení, aeraci, srážkách, barometrickém tlaku, teplotě)

na procesy vedoucí k samovznícení hnědých uhlí, vlivu degradace uhelné hmoty pomocí změn hodnot fyzikálně chemických faktorů a zjišťování váhy (významnosti) dalších poruchových faktorů ovlivňujících procesy vedoucí k samočinnému záparu a samovznícení uhlí bylo provedeno profesionální meteorologickou stanicí OREGON station WMR200, umožňující v dostatečné míře zajistit požadované informace, viz obrázek č. 7. Místní měření barometrického tlaku, průběhu teploty vzduchu a vlhkosti tak byla zajišťována vlastní měřicí stanicí.

2.5 Plynový monitoring in situ

Provozní měření indikačních plynů samovznícení hnědých uhlí na experimentálních deponiích byla realizována spolupříjemcem VŠB-TU Ostrava, v jehož režii se uskutečnily laboratorní rozborů plynových obrazů indikačních plynů samovznícení metodou TEPOX.

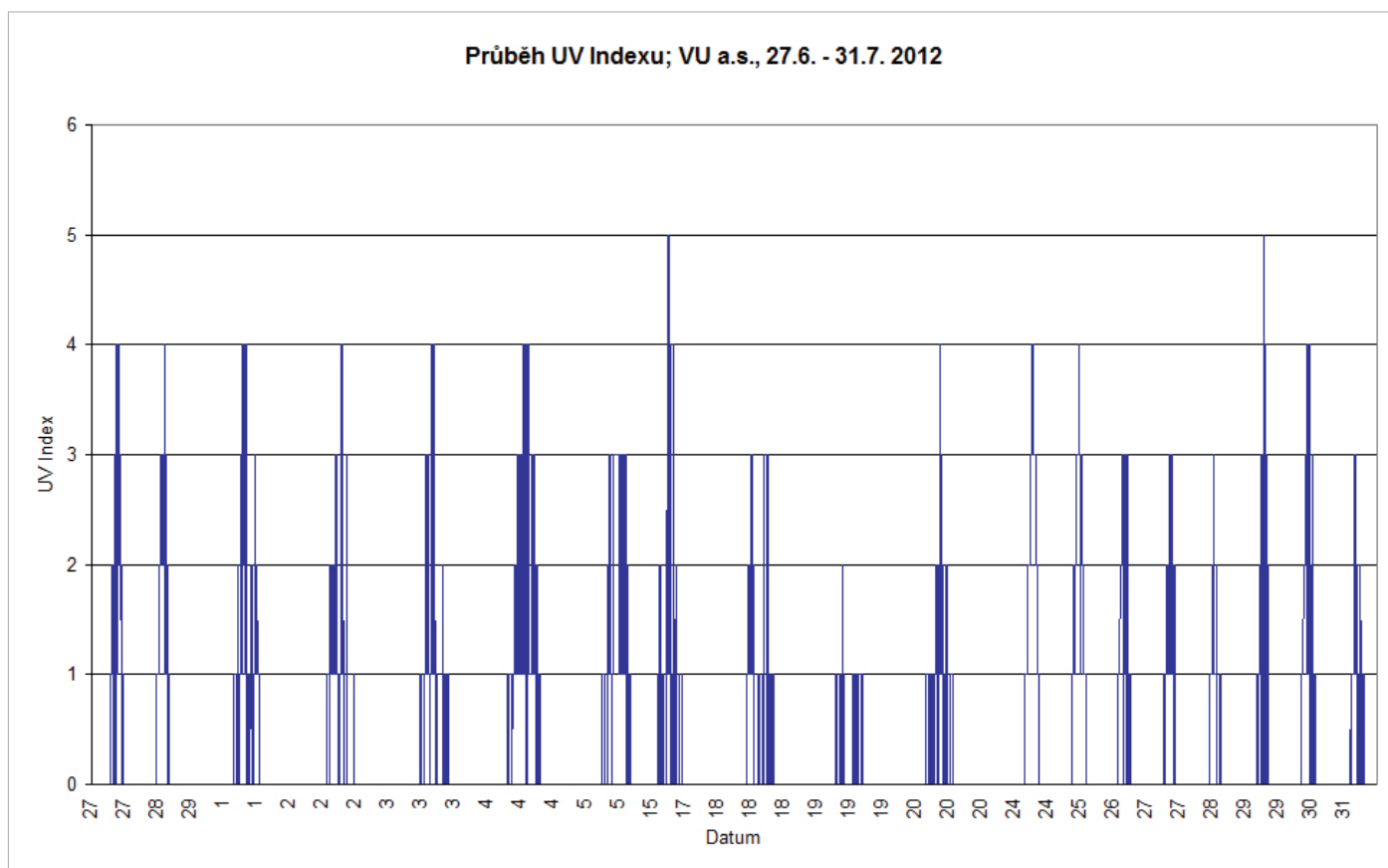
Provozní měření in situ byla zabezpečena operativním měřením přenosným infraanalýzátozem DRÄGER X-am 5600 a pomocí odběrů plynových vzorků do tedlarových vaků na chromatografické analýzy. V případě vysokých koncentrací CO₂ byl



Obr. 5: Ukázka výstupu sondy č. 13 (3 až 4 m pod povrchem).



Obr. 6: Profesionální meteorologická stanice OREGON station WMR200.



Obr. 7: Ukázka výstupu z měření meteorologických vlivů.

využíván přenosný infraanalyzátor Geotech G110. Laboratorní rozbor plynových obrazů indikačních plynů byly zabezpečeny Laboratorní samovznícení látek HGF VŠB-TU Ostrava. Chromatografické rozbor plynů provedla plynová laboratoř Centra nanotechnologií VŠB-TU Ostrava.

2.6 Laboratorní šetření

V rámci provádění komplexních dlouhodobých měření stavu hnědouhelné deponie bylo odebráno několik vzorků deponovaného uhlí z povrchových a podpovrchových segmentů za účelem:

1. provedení chemického rozboru předmětného skladovaného paliva. Laboratorní šetření předmětných vzorků uhlí by mělo postihnout změny vybraných parametrů podle vývoje teplotního pole, resp. probíhající změn struktury uhelné hmoty.

Vzorky deponovaného uhlí byly odebrány v těchto případech:

- po nasypání,
- v průběhu dlouhodobého sledování,
- po deštivém období kontrolní vzorek pro stanovení vlhkosti,
- po ukončení dlouhodobého sledování, před odtěžením pokusné hromady.

2. provedení laboratorních šetření [4,5], která se opírají o kalorimetrické zkoušky, přičemž bylo proměřeno:

- stanovení náchylnosti uhlí k oxidaci (oxireaktivita); 4 vzorky,
- postihnutí vlivu zrnitosti na oxireaktivitu uhlí; 3 vzorky, každý při dvou různých zrnitostech,
- postihnutí vlivu vlhkosti na oxireaktivitu uhlí; 2 vzorky při minimálně čtyřech různých obsazích vlhkosti,
- postihnutí vlivu teploty na oxireaktivitu uhlí; 2 vzorky, každý v teplotním rozsahu 30 až 150 °C.

3 Závěr

V roce 2012 a 2013 vznikala rozsáhlá databáze informací a byla tak získána klíčová data, která budou během III. etapy projektu, prováděné v tomto roce s použitím moderních numerických metod, analyzována.

Pro zajištění úplné komplexnosti informací, nutných k úspěšnému zvládnutí vytyčených cílů v rámci řešení předmětného výzkumného projektu, bude v reakci na jednání řešitelského týmu, která se konala v rámci kontrolních dnů a po proběhlých jednáních řešitelského týmu s provozovateli hnědouhelných skládek, probíhat poslední dodatkové dlouhodobé měření v roce 2013. Na říjen je zajištěna hnědouhelná pokusná hromada na Sokolovské uhelné, právní nástupce, a.s. Na uhelném meziskladu TUM Sokolovské uhelné, právní nástupce, a.s., bude dle příslibu ze strany provozovatele již podruhé nasypána pokusná hromada, která bude řešitelskému týmu k dispozici, a to až do úplného zahoření uhelného produktu. Řešitelský tým očekává, že tak získá neocenitelná data, především ze závěrečné klíčové části vývoje samovznícení.

Poděkování

Tento článek byl vypracován v rámci programu ALFA projektu TA01020351 za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím TA ČR.

Autor zároveň děkuje pracovníkům Vršanské uhelné a.s. za nasypání pokusných hromad a umožnění dlouhodobého měření.

Literatura

- [1] MONI, V. a kol.: *Výzkum možností predikce vzniku záparů a následného samovznícení hnědouhelných paliv*. Rešeršní studie dosavadních poznatků a zkušeností. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most, 2011.
- [2] HELEBRANT, F., MONI, V., HUDECZEK, M., URBAN, P.: *Technická diagnostika a spolehlivost – V. Termografie*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 72 s., ISBN 978-80-248-1942-6.
- [3] ADAMUS, A.: *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2012*. VŠB – TU Ostrava, 63 str., 2012.
- [4] TARABA, B.: *Nízkoteplotní oxidace a samovznícování uhelné hmoty*, Ostravská univerzita, 112 str., 2003, ISBN 80-7042-832-5.
- [5] TARABA, B.: *Reversible and irreversible interaction of oxygen with coal using pulse flowcalorimetry*, Fuel 69, p. 1191, 1990.