

Software pro sledování procesu samovznícení uhelné substance na skládkách

Ing. Vlastimil Moni, Ph.D.¹, Ing. Petr Klouda¹, Ing. Petr Urban², Ing. Petr Kolman², Ing. Marcel Dlask²

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; klouda@vuhu.cz

²Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Přijato: 29. 4. 2015, recenzováno: 20. a 26. 5. 2015

Abstrakt

V předkládaném článku je popsán dílčí výstup projektu, který byl řešen s podporou Technologické agentury České republiky v roce 2011-2014. Článek popisuje souhrnné informace o vyhodnocení míry rizika pro vznik spontánních procesů samovznícení hnědého uhlí. Představený způsob hodnocení vychází z bodového ocenění ukazatelů pro kritéria MHU (míry hnědého uhlí) a dalších informací získaných od provozovatelů skládek hnědouhelných produktů - jak na straně dodavatelů (těžební společnosti), tak i na straně velkých spotřebitelů (energetika). Komplexní znalosti o vývoji procesu samovolného vznícení umožňují včasnou reakci na eliminaci hrozby důlních požárů v povrchových dolech nebo na skládkách uhelných produktů.

Monitoring software for the process of coal spontaneous combustion in landfills

The article describes one of the outputs of the project solved with the support of the Technology Agency of the Czech Republic within the period 2011-2014. The summary of information regarding the evaluation of the degree of risk for the beginning of spontaneous processes of brown coal combustion is presented. The described method of evaluation is based on the point assessment of indicators for the MHU criteria and other information received from the operators of coal landfill sites - both on the supply side (a mining company) and on the side of large consumers (energy producers). The comprehensive knowledge of the process development of spontaneous combustion allows reaction in time to eliminate the threat of fires in operational mine landfills or in landfills of coal consumers.

Software für die Verfolgung des Selbstentzündungsprozesses der Kohlesubstanz auf den Kohlelagerplätzen

Im vorgelegten Artikel wird ein partieller Output des Projektes beschrieben, welches mit Unterstützung der Technologieagentur der Tschechischen republik in Jahren 2011-2014 gelöst wurde. Der Artikel bietet zusammenfassende Informationen zu Bewertung des Risikomaßes für die Entstehung der Spontanprozesse der Selbstentzündung der Braunkohle. Die präsentierte Bewertungsweise geht aus der Punktwertung der Kennzahlen für MHU Kriterien sowie auch aus weiteren von Betreibern der Lagerplätze für Braunkohleprodukte gewonnenen Informationen hervor – sowohl an der Seite der Lieferanten (Kohlegesellschaften), als auch an der Seite der großen Verbraucher (Energetik). Die komplexen Kenntnisse über die Entwicklung des Selbstentzündungsprozesses ermöglichen rechtzeitige Reaktion, damit die Gefahr der Grubenfeuer in Tagebauen oder auf den Lagerplätzen der Kohleprodukte eliminiert werden könnte.

Klíčová slova: samovznícení, hnědé uhlí, skládky, hodnocení náchylnosti k samovznícení.

Keywords: spontaneous ignition, brown coal, landfills, evaluation of predisposition to a spontaneous ignition.

1 Úvod

Norma ČSN 44 1315 „Tuhá paliva - Skladování“ stanoví postupy skladování tuhých fosilních paliv a opatření sledující jejich hospodárné a bezpečné skladování v energetických výrobnách, průmyslových závodech, uhelných skládkách, uhelnách a sklepech spotřebitelů. Tato norma ukládá nutnost kontroly povrchu skladovaných těles tuhých paliv, měření povrchové teploty a bodová měření vnitřní teploty. Měření vnitřní teploty nemá dostatečně vypovídací schopnost o distribuci teplot ve skladovaném tělese a navíc je při vytvoření dostatečně husté sítě měřících bodů časově i finančně náročné a u velkých těles i technicky nereálné. Doporučená bodová měření povrchové teploty teploměry nejsou schopna (v reálné síti měřících bodů a v reálném čase) podat celoplošný obraz teplotního stavu skládky. Nemohou tedy s dostatečnou pravděpodobností odhalit všechny zápary nacházející se v oblasti nezvratných teplot. Dostatečně nemohou specifikovat kritické stavy, jejich teplotní projevy na povrchu a uvnitř uhelné akumulace (deponie apod.), a to zejména ve vztahu k vnitřnímu stavu tělesa, přeneseně k použitelnosti této metody k prognózování vzniku záparů v podpovrchových ložiscích. Rovněž zahrnují dosud nekvalifikované vlivy na dynamiku vývoje záparů.

To potvrzuje skutečnost, že i přes normou vyžadovaná kontrolní měření a opatření dochází často k předem neočekávaným vznikům záparů a požárů. Současný stav sledování tepelného stavu skladovaného tělesa neumožňuje dostatečnou identifikaci tepelného stavu skladovaného tělesa jak z hlediska prostorového, tak časového, a neumožňuje tedy ani efektivní predikci vzniku ohnisek záparů a požárů a jejich následnou včasnou likvidaci.

Přes soustavnou snahu výzkumníků ze všech vyspělých zemí světa nebyla dosud nalezena 100% spolehlivá metoda na včasnou indikaci samovznícovacího procesu. Mezi nejrozšířenější metody včasné indikace a hodnocení stavu samovznícení patří hodnocení složení ovzduší a sledování tzv. indikačních plynů samovznícení uhelné hmoty. Druhou možností, jak sledovat rozvíjení samovznícovacího procesu, je měření teploty. Teploměrné metody jsou založeny na identifikaci míst ve sledované lokalitě (uhelná sloj, skládka apod.) s anomálně zvýšenou hladinou teploty vůči okolní hmotě. Výše citovaný projekt si kladl za cíl využít současně obě zmíněné metody vztahující se k včasné detekci samovznícovacího procesu [9,10,13], měřit oba zmíněné parametry v tzv. jedné časové doméně a vytvořit tak komplexní metodu, umožňující včas lokalizovat ložiska

v kritickém stádiu záparu, zejména z hlediska celoplošnosti, rychlosti a přesnosti lokalizace potenciálních míst nevratného stavu záparu směřujícímu k samovznícení. Navržená metodika by měla být aplikovatelná jak na straně dodavatelů (těžebních společností), tak na straně velkoodběratelů (energetika). Aplikace pro predikci samovznícení uhlí PREDISAM je součástí balíčku výstupů projektu.

2 Postup sledování procesu samovznícení uhlé substance na deponii

Pro sledování a následnou predikci procesu samovznícení hnědouhelné hmoty byl stanoven následující postup:

- 1) nasypání deponie
- 2) geodetické zaměření deponie
- 3) termovizní snímek deponie
- 4) větrná růžice pro dané období – od ČHMÚ
- 5) odběr laboratorních vzorků uhlí po obvodu deponie
- 6) volba měřicích míst:
 - místo 1 ...nejteplejší ve směru nejčastěji vanoucího větru s nejmenší rychlostí,
 - místo 2 ...maximální obsah CO_2 v hloubce 1 m,
 - místo 3 ...maximální obsah CH_4 v hloubce 1 m,
 - místo 4 ...minimální obsah O_2 v hloubce 1 m,
 - místo 5 ...maximální obsah CO v hloubce 1 m.
- 7) vytvoření souboru vstupních dat – 5 míst po 5 veličinách (T , CO_2 , CH_4 , O_2 , CO) a čas t ($t = 0$)
- 8) program pro predikci samovznícení
- 9) realizace opatření navržených programem během procesu sledování

3 Výpočet gradientů

Z parabolického trendu:

Gradient

$$g = 2 \cdot a \cdot t_n + b$$

$$a = \frac{y_{n-2} - y_{n-1}}{(t_{n-2} - t_{n-1}) \cdot (t_{n-2} - t_n)} - \frac{y_{n-1} - y_n}{(t_{n-2} - t_{n-1}) \cdot (t_{n-1} - t_n)} \quad (2)$$

$$b = \frac{y_{n-1} - y_n}{(t_{n-1} - t_n)} - a \cdot (t_{n-1} + t_n) \quad (3)$$

Z lineárního trendu:

$$g = \frac{y_{n-1} - y_n}{(t_{n-1} - t_n)} \quad (4)$$

y_n hodnota vzorku veličiny odebraného v okamžiku t_n
 y_{n-1} hodnota vzorku veličiny odebraného v okamžiku t_{n-1}
 y_{n-2} hodnota vzorku veličiny odebraného v okamžiku t_{n-2}
 t_n, t_{n-1}, t_{n-2} poslední, předposlední a před předposlední čas odběru vzorků veličin y

Hodnoty času t jsou ve dnech.

Gradient se počítá postupně pro všechna odběrná místa.

Gradient se počítá postupně pro všechny veličiny, tj. y po řadě představuje:

T teplota
 CO_2 oxid uhličitý
 CH_4 metan
 O_2 kyslík
 CO oxid uhelnatý

Tedy dostaneme gradienty: $g_T, g_{\text{CO}_2}, g_{\text{CH}_4}, g_{\text{O}_2}, g_{\text{CO}}$ pro každé odběrné místo, tj. $(g_T, g_{\text{CO}_2}, g_{\text{CH}_4}, g_{\text{O}_2}, g_{\text{CO}})_1, (g_T, g_{\text{CO}_2}, g_{\text{CH}_4}, g_{\text{O}_2}, g_{\text{CO}})_2, \dots, (g_T, g_{\text{CO}_2}, g_{\text{CH}_4}, g_{\text{O}_2}, g_{\text{CO}})_5$.

4 Predikce doby do samovznícení

Predikovaný časový interval do samovznícení [1,3,5]:

$$t_y = \frac{y_{\text{lim}} - g_y}{g_y} \quad (5)$$

y po řadě představuje: $T, \text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{O}_2, \text{CO}$

Výsledný predikovaný časový interval do samovznícení: $t_{\text{pred}} = \min [(t_T, t_{\text{CO}_2}, t_{\text{CH}_4}, t_{\text{O}_2}, t_{\text{CO}})_1, (t_T, t_{\text{CO}_2}, t_{\text{CH}_4}, t_{\text{O}_2}, t_{\text{CO}})_2, \dots, (t_T, t_{\text{CO}_2}, t_{\text{CH}_4}, t_{\text{O}_2}, t_{\text{CO}})_5]$

Vzorkovací materiál

Odběr dalšího vzorku hodnot všech veličin provést za dobu t_{sample} [den].

$$t_{\text{sample}} = t_{\text{pred}} / 5 \quad (6)$$

Datum příštího vzorkování = datum posledního vzorkování + t_{sample} .

Pro jednotlivé křivky (viz obrázky č. 1, 2) budou vybrána maxima ze zvolených 5 míst sledování [11,12].

Limitní hodnoty pro účely testování programu:

- $T_{\text{lim}} = 92^\circ \text{C}$
- $\text{CO}_{2\text{lim}} = 20,5 \%$
- $\text{CH}_{4\text{lim}} = 2,8 \%$
- $\text{O}_{2\text{lim}} = 0,1 \%$
- $\text{CO}_{\text{lim}} = 35\,000 \text{ ppm}$.

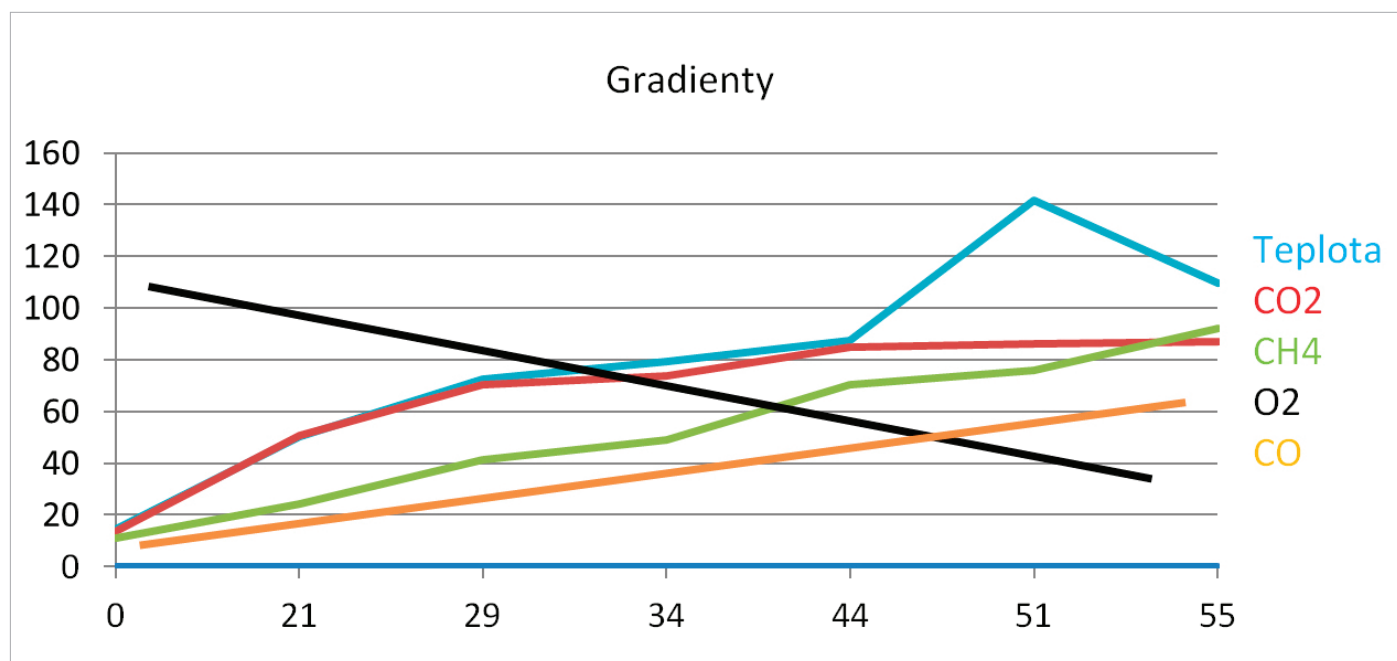
5 Aplikace pro predikci samovznícení uhlí - PREDISAM

Hlavní okno programu

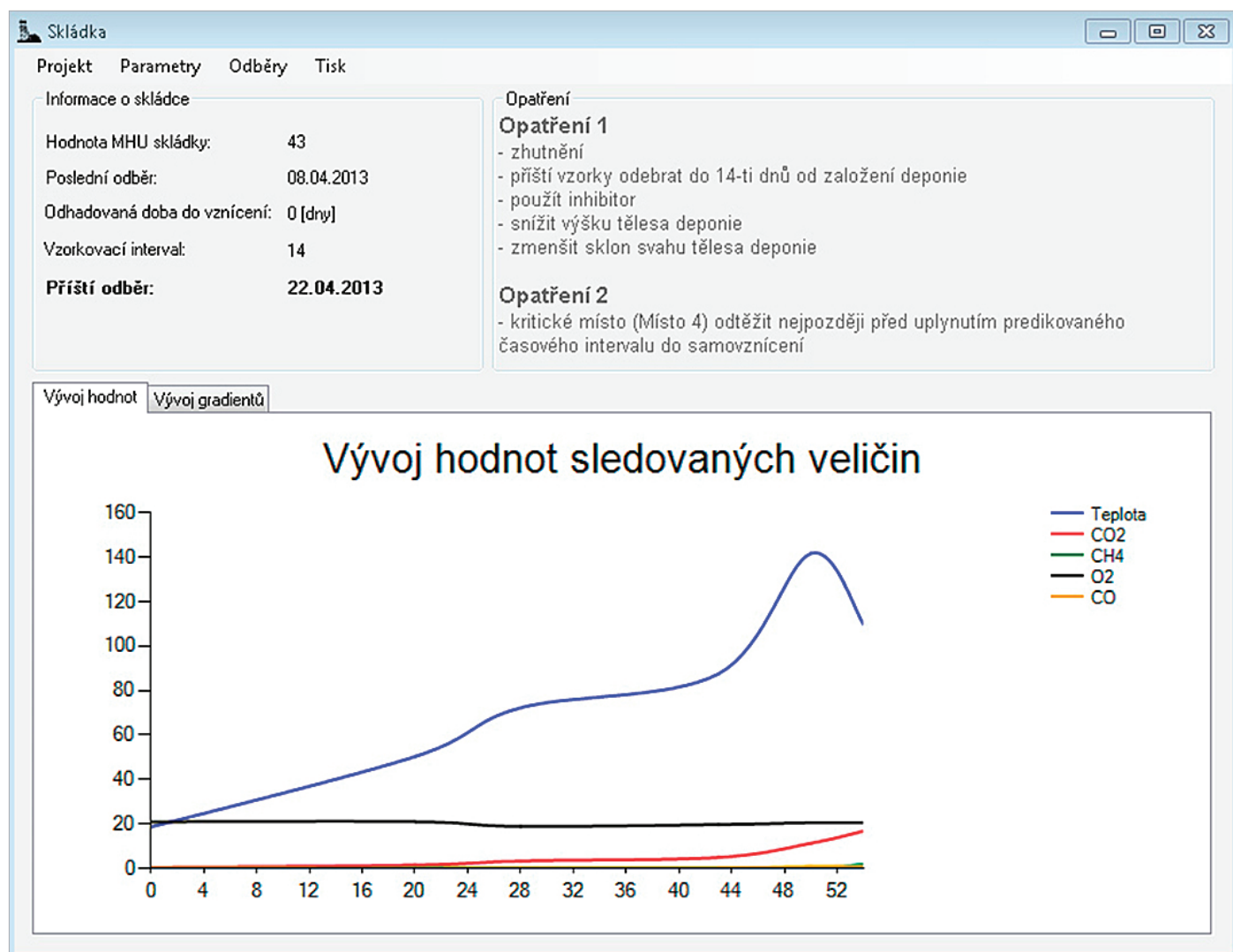
Hlavní okno programu představuje skládku. Každá skládka je uložena do samostatného souboru projektu. Tento projekt pak může být uložen a následně načten při budoucím zpracování. Skládka má definované obecné parametry [4,6] (název, rozměry, umístění), parametry limitních hodnot pro samovznícení a parametry uloženého uhlí. Po provedení měření se do projektu skládky zadávají hodnoty odběru. Na základě těchto hodnot se provádí odhad data provedení dalšího měření.

Hlavní okno programu je rozděleno do čtyř částí:

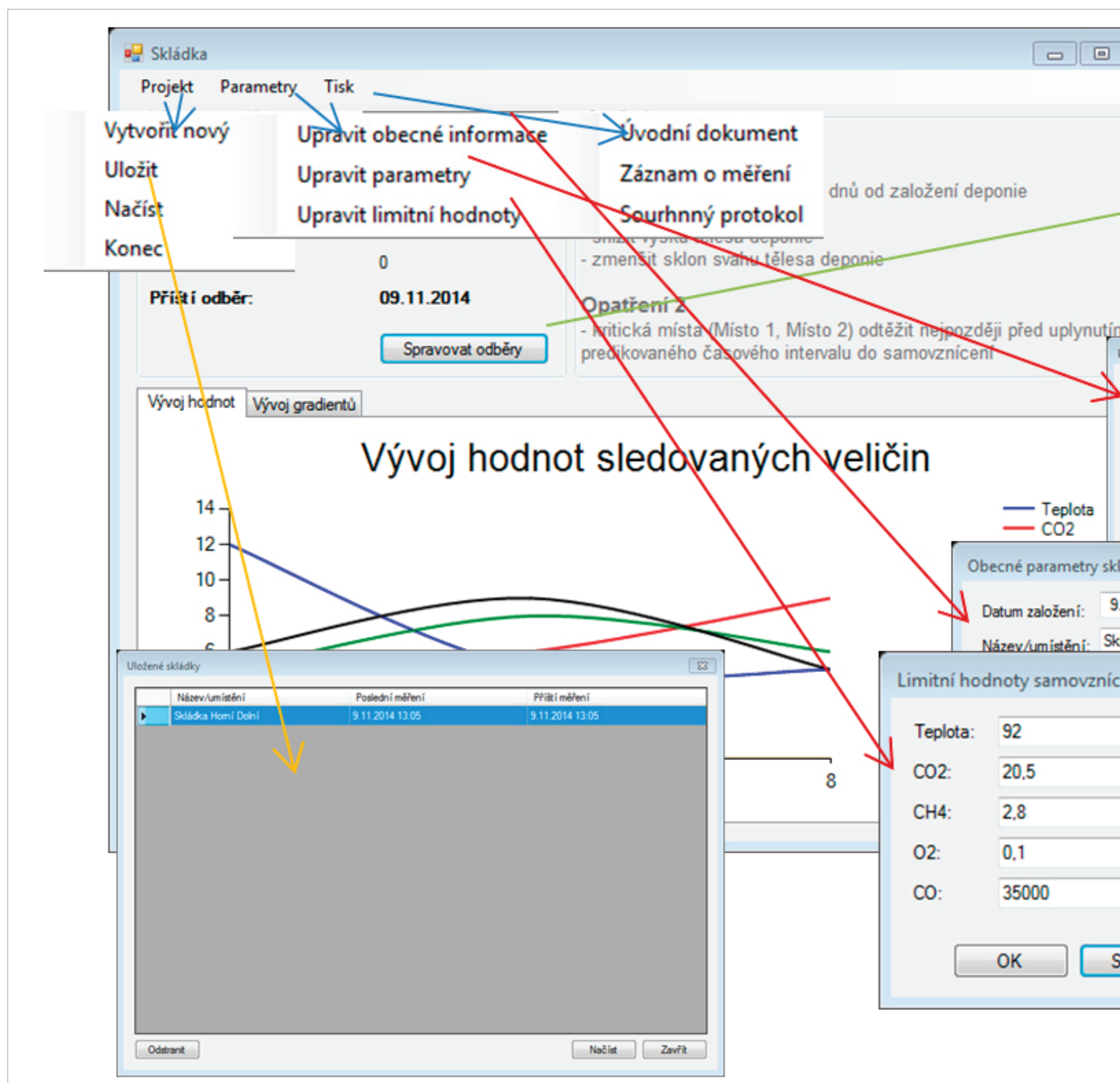
- navigační menu,
- informace o skládce,
- opatření,
- grafy vývoje veličin a gradientů.



Obr. 1: Časový průběh gradientů sledovaných veličin.



Obr. 2: Časový průběh hodnot sledovaných veličin.



Obr. 3: Základní přehled

Navigační menu

Navigační menu slouží k ovládání řízení projektu skládky, pomocí něhož se provádí ukládání a načítání, definice parametrů (obecné informace, parametry skládky, limitní hodnoty) a tisk výstupních protokolů.

Části navigačního menu jsou:

- Projekt
 - Vytvořit nový – zrušení současného projektu a založení nového
 - Uložit – uložení projektu s veškerými zadanými hodnotami pro budoucí použití
- Parametry
 - Upravit obecné informace – definice obecných parametrů projektu (rozměry, umístění, datum založení)
 - Upravit parametry skládky – parametry uhlí rozdělených do několika kategorií (U1, U2, U3,...)
 - Upravit limitní hodnoty – limitní hodnoty pro samovznícení
- Odběry
 - Spravovat odběry – zadávání naměřených hodnot
- Načíst – výběr dříve uložených projektů
- Konec – ukončení programu

Správa naměřených hodnot

Provedené odběry

- 01.11.2014
- 05.11.2014
- 09.11.2014

Naměřené hodnoty

Datum odběru: 1. listopadu 2014

	T [°C]	CO2 [%]	CH4 [%]	O2 [%]	CO [ppm]
místo 1	5	2	1	6	3
místo 2	2	5	3	2	5

Parametry skládky

Parametr U1: Kategorie K: II

Parametr U2: Vlhkost W [%]: 1

Parametr U3: Zastoupení uhelné drtě [%]: 2

Parametr U4: Historie [den]: 3

Parametr T1: Výška tělesa skládky [m]: 5

Parametr T2: Hutnění: ☐

Parametr T3: Sklon [°]: 4

Parametr T4: Pevné podloží: ☒

Parametr T5: Datum uskladnění: 11. listopadu 2014

Parametr T6: Doba uskladnění [tyden]: 6

Parametr P3: Odstínění tělesa skládky [%]: 8

Parametr D3: Použití inhibitoru CaCl2: ☒ Z laboratorních zkoušek: ☐

OK Storno

d aplikace PREDISAM.

- Tisk
 - Úvodní dokument – úvodní protokol s parametry skládky
- Záznam o měření – protokol s hodnotami posledního měření
- Souhrnný protokol – souhrnný protokol s parametry skládky a všemi naměřenými hodnotami

Informace o skládce

Část hlavního okna s informacemi o skládce zobrazuje vypočtené hodnoty na základě zadaných hodnot parametrů [2,7,

8,12,15,17]. MHU je získáváno z parametrů skládky konfigurovatelných v okně „Parametry > Upravit parametr skládky“. V případě, že hodnota MHU je vyšší než 35, je v části hlavního okna „Opatření“ zobrazena informace s nutností přijetí patřičného opatření. Poslední odběr vychází z naměřených hodnot zadaných v okně „Správa naměřených hodnot“.

Odhadovaná doba do vznícení, vzorkovací interval a datum příštího odběru vychází také z naměřených hodnot. Datum příštího odběru je definováno jako 1/5 predikované doby do vznícení. Pro případné záporné hodnoty predikovaného času do samovznícení je hodnota nastavena na 0.

Obr. 4: Okno „Obecné parametry skládky“.

Opatření

V případě překročení kritických hodnot program informuje o nutných opatřeních, která je nutné přijmout. Možná opatření jsou dvě:

- Opatření 1 – získané na základě hodnoty MHU. Opatření je nutné přijmout v případě, že hodnota MHU je větší než 35.
- Opatření 2 – získané na základě predikované doby do samovznícení. Opatření je nutné přijmout v případě, že predikovaná doba do samovznícení je menší než 1 den.

Grafy vývoje veličin a gradientů

Po zadání naměřených hodnot během odběru vzorků jsou ve spodní části hlavního okna zobrazovány grafy s vývojem sledovaných veličin T, CO₂, CH₄, O₂ a CO. Druhá karta zobrazuje graf vývoje gradientů, na základě nichž je následně vypočítávána odhadovaná doba do samovznícení.

Definice parametrů projektu

Obecné parametry

Obecné parametry (Parametry > Upravit obecné informace) definují základní informace o skládce. Žádná z těchto informací nevstupuje do výpočtů. Z tohoto důvodu jsou hodnoty spíše

informativní, nicméně informace jsou zobrazovány v tiskových sestavách. Hodnota názvu a umístění skládky jsou použity jako identifikační parametry pro načtení projektu skládky.

Parametry skládky

Okno s definicí parametrů skládky (Parametry > Upravit parametry skládky) je klíčovým oknem pro definici vstupních parametrů skládky. Z těchto hodnot je pak vypočítávána hodnota MHU 5. Parametry jsou rozděleny podle kategorií do čtyř skupin (U, T, P, D).

Veškerá zaškrtnutá pole definují hodnotu ANO (zaškrtnuto), NE (nezaškrtnuto). Do textových polí je možné vložit pouze desetinné číslo. Oddělovač desetinných míst je určen lokalizací operačního systému – v českém systému Windows je oddělovačem čárka (např. tedy 10,5).

Parametry limitních hodnot

Konfigurace parametrů limitních hodnot probíhá v okně dostupném z navigačního menu (Parametry > Upravit limitní hodnoty). Zde se konfiguruje kritické hodnoty veličin teploty, CO₂, CH₄, O₂ a CO. V případě, že je některá tato mez překročena po zadání naměřených hodnot při odběru, program upozorní na nutnost přijetí patřičného opatření. Platnými hodnotami jsou desetinná čísla.

Správa odběrů

Okno správy odběrů (Odběry > Spravovat odběry) je klíčovým prvkem pro zadávání naměřených hodnot získaných při provádění odběrů. Okno je rozdělené na dvě poloviny.

Levá polovina okna zobrazuje data dříve provedených odběrů. Upravit nebo smazat je možné vždy pouze poslední provedené měření a to z důvodu, že naměřené hodnoty jsou na sobě závislé při provádění odhadu doby do samovznícení.

Výběrem data měření v levé části okna se zobrazí hodnoty z daného měření v pravé části okna. Během prohlížení naměřených hodnot jsou všechny prvky zakázané.

Přidáním nového měření nebo úpravou posledního se vstupní prvky pro zadávání hodnot aktivují. Veškerá zadávaná data

Obr. 5: Okno „Parametry skládky“.

Parametry skupiny U

Parametr U1	Predispozice k samovznícení Kategorie k [I, II, III] Stanovení s [ANO, NE] Kategorie určená dle ČSN 44 1315
Parametr U2	Vlhkost W (%)
Parametr U3	Zastoupení (%) uhelné drtě (= uhlí s průměrem pod 3 mm) v zrnitostní skladbě skládkovaného uhlí Rovnoměrnost rozložení uhelné drtě r [ANO/NE]

Parametry skupiny T

Parametr T1	Výška tělesa skládky [m]
Parametr T2	Hutnění tělesa skládky [ANO, NE] dle ČSN 44 1315
Parametr T3	Sklon svahu tělesa skládky α [°]
Parametr T4	Pevné podloží tělesa skládky [ANO, NE]
Parametr T5	Roční období založení skládky Datum [dd,mm,rr]
Parametr T6	Doba uskladnění [týden]

Parametr P1	Orientace tělesa skládky α [ANO, NE] Delší boční stěna tělesa skládky je vůči převládajícímu směru větru orientována kolmo ($90 \pm 20^\circ$)
Parametr P2	Ochrana skládky před deštěm Plocha chráněného povrchu skládky (%) z celkového povrchu skládky
Parametr P3	Odstínění tělesa skládky (%) Plocha odstíněného povrchu skládky (%) z celkového povrchu skládky

Parametry skupiny D

Parametr D1	Ochrana skládky před větrem Je skládka ochráněna [ANO, NE] Je přírodní [ANO, NE]
Parametr D2	Monitoring skládky Je teplota v souladu s certifikovanou metodikou C-065/13 [ANO, NE] Je plyn CO v souladu s certifikovanou metodikou C-064/13 [ANO, NE] Jsou další indikační plyny v souladu s certifikovanou metodikou C-064/13 [ANO, NE]
Parametr D3	Použití inhibitoru CaCl_2 [ANO, NE] Z laboratorních zkoušek [ANO, NE]

mohou být pouze celá nebo desetinná čísla. Datum provedení odběru musí být vždy později, než je datum posledního provedení odběru. Během aktivované pravé části okna je naopak levá část deaktivovaná. Pro její opětovnou aktivaci je nutné zadat hodnoty z měření uložit nebo zahodit.

6 Závěr

Na základě vyhodnocení značného množství pořízených dat [16,17] (např. vnitřní teploty zahrnují téměř 3,7 miliardy hodnot z celkem 204 měřících míst), která byla pořízena během realizovaných polních dlouhodobých měření i laboratorních šetření na vzorcích uhlí a následně zpracována do přehledných tabulek a grafů, je možné učinit závěry, které jsou spolu s jednotlivými výsledky měření teplot a plynů součástí samostatných výstupů projektu (zprávy, studie, databáze, katalogy, certifikované metodiky, užitečný vzor, software atd.).

Představený způsob hodnocení míry nebezpečí vzniku samovznícovacího procesu hnědého uhlí na skládkách umožní provést včasné zásahy k odstranění hrozby požáru při dlouhodobém skladování uhelných produktů.

Poděkování

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

Literatura

- [1] TARABA, B., VORÁČEK, V., KRÁL, V.: Analýza případů samovznícování uhlí v dolech OKR - část I.: Nový způsob hodnocení Rizika vzniku procesu samovznícování uhlí ve stěnových porubech. Uhlí, rudy, geologický průzkum. 2006, roč. 13, sv. 11, s. 34-37.
- [2] TARABA, B., PAVELEK, Z., JANEK, J., VORÁČEK, V., KRÁL, V.: Analýza případů samovznícování uhlí v dolech okr - část II.: Hodnocení požárního ohrožení porubu z hlediska provedení adekvátních represivních zásahů. Uhlí, rudy, geologický průzkum. 2006, roč. 13, sv. 12, s. 28-31.

- [3] TARABA, B.: Nízkoteplotní oxidace a samovzněcování uhelné hmoty, Ostravská univerzita, 2003, (112 stran), ISBN 80-7042-832-5.
- [4] MONI, V., TARABA, B.: Laboratorní šetření významu základních parametrů ovlivňujících oxidaci hnědých uhlí. Zpravodaj Hnědé uhlí, č. 2 (2013), s. 17-24, ISSN 1213-1660.
- [5] DOBAL, V., SÝKOROVÁ, I., VALEŠKA F., HEMELÍKOVÁ, B.: Metody stanovení aktivity hnědých uhlí ke kyslíku, Výzkumná zpráva ÚGG ČSAV Praha, 1983.
- [6] AKGUN, F., ARISOY, A.: Effect of particle size on the spontaneous heating of a coal stockpile. Combustion and Flame 99 (1994), p. 137-146.
- [7] MICHALEC, Z., MICHALCOVÁ, V., TARABA, B.: Modelování vlivu parametrů uhelné skládky na dynamiku samovzněcovacího procesu. Zpravodaj Hnědé uhlí, č. 1 (2013), s. 3-10, ISSN 1213-1660.
- [8] AGKUN, A., ESSENHIGH, R.H.: Self-ignition characteristics of coal stockpiles: theoretical prediction from two-dimensional unsteady-state model. Fuel 80 (2001), s. 409-415.
- [9] MONI, V.: Vyhodnocení komplexních dlouhodobých měření na hnědouhelných skládkách. Zpravodaj Hnědé uhlí, č. 2 (2014) s. 27-35, ISSN 1213-1660.
- [10] MONI, V. a kol.: Výzkum možností predikce vzniku záparů a následného samovznícení hnědouhelných paliv (Rešeršní studie dosavadních poznatků a zkušeností), VUHU Most, 2011.
- [11] 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.
- [12] TARABA, B.: Nízkoteplotní oxidace a samovzněcování uhelné hmoty, Ostravská univerzita, 2003, (112 stran), ISBN 80-7042-832-5.
- [13] TARABA, B.: Reversible and irreversible interaction of oxygen with coal using pulse flowcalorimetry, Fuel 69 (1990), p. 1191.
- [14] MONI, V.: Problematiky zvyšování bezpečnosti při provozování hnědouhelných skládek. In DIAGO 2013, 32. mezinárodní konference, Technická diagnostika Z1/2013, ročník XXII, ISSN 1210-311X.
- [15] TARABA, B., MONI, V., ZÍMA R.: Calorimetric study of basic parameters affecting oxidation of brown coal. In International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2013, Conference Centre Flamengo Grand Albena, Bulharsko, p. 273-280, Volume I, ISSN 1314-2704.
- [16] MONI, V., TARABA, B.: Laboratorní šetření významu základních parametrů ovlivňujících oxidaci hnědé uhlí. Zpravodaj Hnědé uhlí, č. 2 (2013), Most, s. 17-24, ISSN 1213-1660.
- [17] MONI, V.: Dlouhodobá komplexní měření na hnědo-uhelné skládce. Zpravodaj Hnědé uhlí, č. 3 (2013), Most, s. 10-15, ISSN 1213-1660.
- [18] MONI, V., KLOUDA, P.: Complex long time measurements carried out on lignite heap on Sokolovské uhelné a.s. Systemy wspomagania w zarzadzaniu srodowiskiem 9/2013, Polsko, ISSN 2299-0461.