

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Požáry skládek a metody jejich likvidace

Landfill fires and methods of disposal

Diplomová práce

Autor:

Bc. Jan Kysela

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Závada Jaroslav, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Kysela**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904T022 Zpracování a zneškodňování odpadů
Téma: **Požáry skládek a metody jejich likvidace**
Landfill Fires and Methods of Disposal

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Komunální odpad z hlediska hořlavosti
3. Požáry skládek komunálního odpadu v Ústeckém kraji
4. Metody likvidace požárů skládek v ČR a v zahraničí
5. Zhodnocení současného stavu v ČR
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

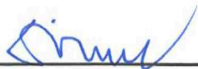
1. ALTMAN, V.: Odpadové hospodářství. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava 1996.
2. ALTMAN, V., RŮŽIČKA, M.: Technologie a technika skládkového hospodářství. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-SBN 80-7078-355-9.
3. FILIP, J. a kol.: Odpadové hospodářství. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2002.
4. FILIP, J. a kol.: Komunální odpad a skládkování. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2006.
5. HLAVATÁ, M.: Odpadové hospodářství. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004. 174 s. ISBN 80 - 248 - 0737 - 8.

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

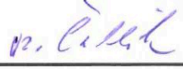
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jaroslav Závada, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012


prof. Ing. Vojtech Dirner, 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 diplomové 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.*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu 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 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 Mostě dne

.....
Bc. Jan Kysela

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Jaroslavovi Závadovi, Ph.D. za vedení při vypracování diplomové práce a Hasičskému Záchranému Sboru za poskytnuté informace, data, dokumenty a zprostředkování.

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na požáry skládek komunálního odpadu. V první části se zabývá složením a charakterem komunálního odpadu vzhledem k hořlavosti. V druhé části jsou požáry skládek rozděleny dle místa vzniku. Jsou zde zároveň vysvětleny příčiny vzniku požárů skládek. V experimentální části jsou porovnávány metody likvidace požárů skládek tuhých odpadů v ČR a v zahraničí.

Klíčová slova: Komunální odpad, hořlavost komunálního odpadu, požáry skládek tuhých odpadů, povrchové požáry skládek, podpovrchové požáry skládek, příčiny požárů skládek, samovznícení, metody likvidace požárů skládek.

Abstract

This work is focused on municipal waste landfill fires. The first part deals with the nature and composition of municipal waste due to flammability. In the second part of landfill fires are classified by place of origin. There are also explained the causes of fires landfill. In the experimental section compares the methods of disposal of solid waste landfill fires in the Czech Republic and abroad.

Keywords: Municipal waste, municipal waste, flammability, fires solid waste landfills, surface fires, landfills, subsurface landfill fires, landfill fires causes, spontaneous combustion, methods of disposal of landfill fires.

OBSAH

1. Úvod a cíl práce	1
2. Komunální odpad z hlediska hořlavosti.....	2
2.1 Co je komunální odpad	2
2.2. Průměrné složení komunálního odpadu.....	3
2.3 Základní příčiny vzniku požárů komunálního odpadu	4
2.3.1 Povrchové požáry skládek komunálního odpadu a jejich příčiny	4
2.3.2 Příčiny vzniku povrchových požárů	4
2.3.3 Podpovrchové (podzemní) požáry skládek komunálního odpadu.....	5
2.3.4 Příčiny vzniku podpovrchových požárů	6
2.4 Druhy samovznícení	8
2.4.1 Fyzikální samovznícení	8
2.4.2 Chemické samovznícení	9
2.4.3. Biologické samovznícení.....	9
2.5 Proces anaerobního rozkladu biologické složky komunálního odpadu.....	9
3. Požáry skládek v Ústeckém kraji.....	12
3.1. Konstrukce skládek pevných odpadů	12
3.1.1. Návrh povrchových skládek	12
3.1.2. Těsnění skládky	13
3.1.3. Odvodnění skládky	14
3.1.4. Odplynění skládky	14
3.1.5. Provozně technická zařízení skládky	15
3.1.6. Monitorování skládky	15
3.2. Požár použitých pneumatik v areálu elektrárny Tušimice.....	15
3.2.1. Měření škodlivin v ovzduší.....	16
3.2.2. Použitá metoda likvidace požáru pneumatik	18
3.2.3. Příčina vzniku požáru	20
3.2.4. Vzniklé škody	22
3.3. Požár skládky tuhých odpadů Vysoká Pec	23
3.3.1. Měření škodlivin v ovzduší.....	25
3.3.2. Použitá metoda likvidace požáru komunálního odpadu	26
3.3.3. Příčina vzniku požáru skládky komunálního odpadu.....	28
3.3.4 Vzniklé škody	29
4. Metody likvidace požárů skládek u nás a v zahraničí	30
4.1 Metody likvidace požárů skládek tuhých odpadů v ČR	30
4.2 Metody likvidace požárů skládek tuhých odpadů v zahraničí.....	31
4.2.1 Experimentální studie ve Finsku.....	34
4.2.2 Rozsáhlý požár skládky Delta Shake a Single Shake v Kanadě.....	35
5. Zhodnocení současných metod likvidace požárů skládek v ČR.....	39
5.1 Shrnutí poznatků	40
6. Závěr	43
Literatura:.....	44

1. Úvod a cíl práce

Ukládání tuhých odpadů na skládky je v České republice stále nejrozšířenějším způsobem nakládání s odpady. Na skládkách končí přibližně dvě třetiny vzniklých tuhých odpadů. Jedním z mnoha nebezpečí, které skládky tuhých odpadů představují pro člověka, ale i pro životní prostředí, je vznik požáru skládky. Jedná se totiž o požáry velkého rozsahu, které se obtížně likvidují a produkují jedovaté zplodiny hoření po dobu několika dnů a někdy i déle. Ohrožení zdraví obyvatel okolních obcí jedovatými zplodinami hoření a poškozování životního prostředí i případným únikem jedovatých látek ze skládkového tělesa je nepříjemným důsledkem požáru skládky.

V této práci se autor zaměřuje na množství odpadu vznikajícího na území ČR a uloženého na skládkách tuhých odpadů, jeho průměrném složení a hodnocení odpadu z hlediska hořlavosti. Data čerpá z poslední dostupné statistiky z roku 2009. V další části práce jsou uvedeny jednotlivé příčiny vzniku požáru skládek a jejich charakteristiky podle místa vzniku v tělese skládky.

Dále autor popisuje procesy probíhající v tělese skládky tuhých odpadů, zejména anaerobní rozklad biologických látek v odpadu, při kterém se vytváří hořlavý skládkový plyn methan a objasňuje vliv těchto procesů na vznik požárů skládek. Nedílnou součástí práce je popsání metod ukládání tuhých odpadů a technického vybavení těchto skládek. V dalších kapitolách jsou popsány a zhodnoceny metody likvidace velkých požárů skládek tuhých odpadů na území Ústeckého kraje.

Cílem práce je srovnání metod použitých při likvidaci velkých požárů skládek tuhých odpadů v ČR a v zahraničí, a to z hlediska používaných metod, jejich účinností a vlivem na skládku jako takovou a životní prostředí. Cílem je stanovit metodu likvidace požárů skládek tuhých odpadů, která je dostatečně účinná, nenákladná a zároveň šetrná k životnímu prostředí.

2. Komunální odpad z hlediska hořlavosti

Dříve než se začneme zabývat požáry skládek a metodami jejich likvidace, je nutné vysvětlit, co to vlastně komunální odpad je, jaké látky v průměru obsahuje a v jakém množství za rok se ukládá na skládkách komunálního odpadu. Vzhledem k charakteru látek obsažených v komunálním odpadu se jedná o heterogenní hořlavou směs.

2.1 Co je komunální odpad

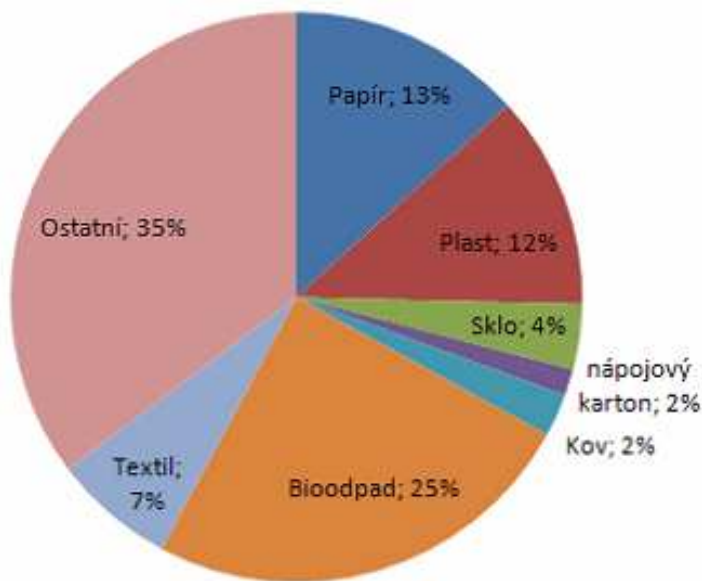
Významným pojmem v odpadovém hospodářství je komunální odpad. Ze zákona o odpadech je definován jako „veškerý odpad vznikající na území obce činností fyzických osob, pro kterou nejsou právními předpisy stanovena zvláštní pravidla nebo omezení, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo osob oprávněných k podnikání. Komunálním odpadem se také rozumí odpad vznikající při čištění veřejných komunikací a prostranství, při údržbě veřejné zeleně včetně hřbitovů.“ [2]

Komunální odpad je heterogenní směsí obsahující například papír, sklo, plasty, kovy, textil, zbytky potravin, zahradní zbytky, smetky, gumu, popel atd. Složení komunálního odpadu se liší podle typu zástavby, ročního období a podle typu sídla, v němž je produkován. [1]

V roce 2009 bylo na území ČR vyprodukováno 24 236 000 tun odpadu. Z tohoto celkového množství odpadu vykázaly obce, dle statistického šetření, produkci 3 722 tisíc tun odpadů. Oproti roku 2008 se jedná o nárůst o 2,7 %. Z pohledu zařazení těchto odpadů se jednalo zejména o skupinu 20 – komunální odpady, které tvořily 88,9 %. Ze statistik lze zjistit rostoucí trend produkce komunálního odpadu. V přepočtu na jednoho obyvatele vzrostlo množství produkováného odpadu z 305 kg v roce 2008 na 315 kg v roce 2009. Jedná se o meziroční nárůst produkováného množství komunálního odpadu na osobu o 3,3 %. Největší část 71,7 % tvořil běžný svoz, dále 12,2 % tvořil tříděný odpad a 13,9 % tvořil objemný odpad jako koberce, nábytek, různé spotřebiče a podobně. Z tohoto množství komunálního odpadu byla pouze část uložena na skládkách komunálního odpadu. Jednalo se o 4 225 988 tun. [3]

2.2. Průměrné složení komunálního odpadu

Na grafu vidíme průměrné složení komunálního odpadu z domácností, které využívají k vytápění plyn, elektřinu či centrální vytápění. „Ostatní odpad“ se skládá z minerálního odpadu, nebezpečného odpadu, jiného spalitelného odpadu, elektroodpadu a jiného dopadu. [4]



Obrázek č.1 Průměrné složení komunálního odpadu [4].

Komunální odpad ukládaný na skládkách obsahuje také malé množství nebezpečných odpadů. Ty jsou uvedeny v Katalogu odpadů v seznamu nebezpečných odpadů pod čísly 2001 a 1501. Jedná se zejména o obaly obsahující zbytky od kyselin, hydroxidů, rozpouštědel, fotochemikálií a pesticidů a jiných nebezpečných látek. Dále obsahuje zářivky a jiný odpad obsahující rtuť, baterie, akumulátory, vyřazené elektrické a elektronické zařízení s obsahem různých nebezpečných látek. Tyto nebezpečné látky mohou ovlivnit průběh požáru skládky nebo zapříčinit samovznícení komunálního odpadu na skládce. Komunální odpad je vzhledem ke svému složení nehomogenní hořlavá směs. Vzhledem k vysokému procentuálnímu množství plastů, papíru, textilu a jiných hořlavých látek včetně bioodpadu potřebuje k tomu, aby samovolně hořel pouze přístup vzdušného kyslíku a zdroj zapálení. [7]

2.3 Základní příčiny vzniku požárů komunálního odpadu

Požáry skládek můžeme rozdělit podle místa vzniku do dvou kategorií. Jedná se o povrchové a podpovrchové (podzemní) požáry skládek komunálního odpadu. Tato část práce se zaměřuje na specifické typy požárů a popisuje jejich příčiny.

2.3.1 Povrchové požáry skládek komunálního odpadu a jejich příčiny

Povrchové požáry skládek KO zahrnují nekomprimovaný odpad nebo nedávno uložený odpad, který se nachází blízko povrchu skládky ve vrstvě aerobního rozkladu. Tyto požáry zasahují obvykle do hloubky 30 cm až 150 cm a jejich intenzita může být podpořena skládkovým plynem metanem, který způsobuje rychlé šíření požáru po tělese skládky. Povrchové požáry hoří při relativně nízkých teplotách a jsou charakterizovány emisí hustého bílého dýmu. Barva kouře je ovlivněna zejména skladbou hořlavého materiálu a teplotou hoření. U těchto požárů hrají velkou roli povětrnostní podmínky, ať již v kladném nebo záporném smyslu. V případě přívalových dešťů a dlouhodobých srážek se jedná o kladné působení počasí, které může zkrátit dobu likvidace požáru. [5] [6]

V případě dlouhodobého suchého počasí, vysokých teplot a silného větru se jedná o krajně nepříznivé podmínky, které způsobují rozšiřování požáru po ploše skládky a znesnadňují zdolávání požáru. [5] [6]

2.3.2 Příčiny vzniku povrchových požárů

Příčiny vzniku povrchových požárů se liší od příčin podpovrchových požárů především místem vzniku, ročním obdobím, úmyslem nebo nedbalostí obsluhy. Jedná se zejména o tyto příčiny:

- **Žhavé částice přítomné v odpadu svezené sběrnými vozidly.** Nejčastěji u odpadu pocházejícího z menších obcí nelze vyloučit výskyt žhavých a doutnajících materiálů, jako je popel z kotlů a kamen na tuhá paliva. Ve sběrném voze dojde pomocí lisu ke zhutnění žhavých částic spolu s ostatním odpadem. V tomto prostředí za nepřístupu vzdušného kyslíku mohou být žhavé částice dopraveny až na skládku KO bez zjevných projevů hoření. Po vysypání na skládce KO dochází ke smíchání s ostatními složkami KO, tentokrát za přístupu vzdušného kyslíku a může dojít ke vzniku požáru. [5]

- **Kouření – odhození nedopalku cigarety.** V případě řízené a oplocené skládky je tato možnost omezena na zaměstnance skládky, popřípadě řidiče sběrných vozů a jde tedy o porušení provozního řádu skládky nebo návazných bezpečnostních předpisů. Do prostoru řízené skládky KO by měl být vyloučen vstup nepoučených a cizích osob. V případě, že se jedná o skládku neřízenou nebo neoplocenou kde se mohou pohybovat nepovolané osoby nelze tuto možnost zapálení vyloučit. [6]
- **Nedbalostní jednání osob.** Vzhledem k různorodosti odpadů vyvážených na skládky KO a možnému výskytu elektroniky, kabelů, a přístrojů s obsahem drahých kovů nelze vyloučit vznik požáru od vypalování kabelů osobami, které se snaží tyto kovy dále využít. [6]
- **Nedodržení technologické kázně.** Do této příčiny vzniku požáru můžeme zahrnout různé jiné postupy a manipulace v prostoru skládky, které se liší od provozního řádu nebo jiných bezpečnostních předpisů. [6]
- **Technické závady na strojním zařízení skládky.** Tuto příčinu vzniku požáru lze na řízených skládkách minimalizovat vhodnou volbou použité techniky a zajištěním pravidelných technických prohlídek a revizí stanovených výrobcem zařízení. [6]
- **Úmyslné založení požáru.** Úmyslné založení požáru skládky nelze zcela vyloučit. Tuto příčinu lze omezit vhodným oplocením prostoru skládky, popřípadě instalací kamerového systému, nebo zajištěním ostrahy areálu skládky. [6]

2.3.3 Podpovrchové (podzemní) požáry skládek komunálního odpadu

Podzemní neboli podpovrchové požáry skládek KO vznikají hluboko pod povrchem skládky a zahrnují materiály, které jsou měsíce nebo i roky staré. Likvidace těchto požárů je obecně mnohem obtížnější než likvidace povrchových požárů. Hrozí zde riziko vzniku dutin nebo kaveren v tělese skládky a následných propadů povrchu skládky. Nejčastější příčinou vzniku podzemních požárů je zvýšení koncentrace kyslíku v tělese skládky. Nárůst koncentrace kyslíku zvyšuje aktivitu bakterií a následným aerobním rozkladem i teplotu v tělese skládky, která může překročit teplotu samovznícení některých materiálů nebo skládkových plynů. Tyto požáry mohou ve skládce probíhat po dobu několika týdnů nebo měsíců bez zjevných příznaků. To může způsobit nahromadění zplodin nedokonalého hoření jak v tělese skládky, tak i v okolních budovách či jímkách. Vzhledem k tomu, že se

jedná zejména o oxid uhelnatý, který je toxický a hořlavý, může dojít o ohrožení zdravý osob pohybujících se v prostoru skládky. Podzemní požáry jsou často zjistitelné jen podle slabého kouře, který vychází z nějaké části skládky. [5] [6]

Další možností detekce požáru je měření koncentrací oxidu uhelnatého ve skládkovém plynu, nebo měření teploty plynů odváděných ze skládky. Tyto metody detekce podzemních požárů skládek se osvědčily v USA při monitorování již uzavřených skládek KO nebo při monitorování bioplynových stanic. Prevence vzniku podzemních požárů skládek komunálního odpadu je velmi důležitá vzhledem ke skutečnosti, že likvidace takového požáru je velmi složitá a nákladná. Použití vody k likvidaci podzemních požárů je velmi omezené a v některých případech, pokud by došlo k ohrožení podzemních vod, i nemožné. Zpravidla se musí těleso skládky otevřít pomocí těžké techniky a odkrýt ohniska požáru, která lze následně hasit vodou. Při podzemních požárech KO může dojít k porušení těsnících fólií a nepropustné izolační vrstvy skládky, následnému úniku nebezpečných skládkových vod, výluhů a kontaminaci podzemních vod. [6] [8]

2.3.4 Příčiny vzniku podpovrchových požárů

V případě podpovrchových požárů skládek KO můžeme vyloučit všechny výše uvedené příčiny vzniku povrchových požárů skládek. Jedinou možností vzniku tohoto požáru je samovznícení navezeného a zpravidla nedokonale zhutněného odpadu. Samovznícení je vznícení materiálu vlivem samozahřívání látek, kdy teplo vzniklé procesy v těchto látkách není v dostatečné míře odváděno do okolí. Takto nahromaděné teplo v tělese skládky způsobí vznícení hořlavého materiálu v jeho blízkosti. Ve většině případů dochází k nedokonalému hoření, nebo pomalé oxidaci látek. Tyto požáry jsou formou hoření známou jako pyrolýza, kdy k hoření dochází v prostředí chudém na kyslík. Tento proces spalování je velice pomalý a probíhá při nižších teplotách než běžné hoření.

V případech, kdy zkoumáme samovznícení odpadů na skládkách, nelze vyloučit žádný z druhů samovznícení. Těmi jsou samovznícení fyzikální, samovznícení chemické a samovznícení biologické nebo jejich kombinace. V praxi totiž nelze vyloučit, že se na skládku přiveze jakýkoliv druh hořlavého nebo chemicky aktivního materiálu, který samovznícení přímo způsobí nebo k samovznícení nepřímo dopomůže. Jako příklad

iniciace podpovrchového požáru skládky KO můžeme uvést zkrat a následné zapálení tužkové baterie s obsahem rtuti. [5] [9]

V další části je nutné vysvětlit některé pojmy a termíny, které souvisejí s příčinami vzniku podpovrchových požárů skládek tuhých odpadů a také požárně technické charakteristiky látek, které se mohou na skládkách vyskytovat.

- Teplota samovznícení je nejnižší teplota, při které začínají v látce bez vnějšího přívodu tepla exotermické procesy, které vedou k samovznícení. Teplo potřebné k zapálení látky vzniká z látky samotné jako důsledek chemických, fyzikálních nebo biologických pochodů. [10]

Tabulka č.1: Přehled látek náchylných k samovznícení. [11]

Uhlí	Uhlí obecně, vyjma koksu a antracitu
	Hnědé uhlí a brikety z hnědého uhlí
	Rašelina při dlouhodobém uskladnění
	Saze při zvýšené teplotě
Dřevo	Dřevo a dřevěné piliny při dlouhodobém zahřátí
	Dřevěné hobliny navlhčené vodou a vystavené slunci
	Buničínové zbytky a prach
	Korek, jeho drť nebo moučka
Hořlavé kovy	Hliníkový prášek nebo piliny smíchané s vodou nebo olejem
	Železné piliny napuštěné olejem
	Práškový hořčík, zinek nebo zinkové hobliny
Vysychavé oleje	Lněný, konopný nebo makový olej
	Barvy obsahující vysychavé oleje
	Tkaniny napuštěné fermeží
	Jutové pytle napuštěné vysychavým olejem
	Bavlna napuštěná olejem nebo tukem
	Olejem napuštěná textilie nebo hobliny některých kovů
Některé technické materiály	Kůže uložené na hromadách
	Gumové odpady
	Dusíkatá umělá hnojiva
	Bavlna, seno, tabák, mouka

- Teplota vznícení je nejnižší teplota, při které se za definovaných zkušebních podmínek hořlavá látka ve směsi se vzduchem sama bez iniciace vznítí. Jako vznícení se označuje začátek chemické reakce směsi plynu nebo páry se vzduchem

za objevení otevřeného plamene. Při stanovení teploty vznícení se vznícení vyvolá pouze působením tepla, nikoliv otevřeným plamenem nebo jiskrou. [10]

Tabulka č. 2: Teplota vznícení některých látek bez iniciace plamenem nebo jiskrou. [10]

Aceton	535	Rašelina	230
Benzen	560	Hnědé uhlí	260
benzín	470	Černé uhlí	350
Dřevo	270	Sláma	310
Petrolej	380	Mouka	440
Svítiplyn	560	PVC	370
Obilný prach	267	Plexisklo	460
Asfalt	260	Bílý fosfor	60
Sirouhlík	102	Nafta	250
chlórbenzen	637	Oxid uhelnatý	610
cyklohexan	259	Uhelný prach	260
etylbenzen	431	Bavlna	450
naftalén	528	Papír	185
koks	400	Toluen	535
tabák	175	Trichlórsilan	230
seno	233	Tkaniny	290
kaučuk	340	Celofán	240

2.4 Druhy samovznícení

Při vyšetřování příčiny vzniku požárů skládek tuhého odpadu nelze vyloučit žádný ze způsobů vzniku požáru samovznícením. Může se jednat o samovznícení fyzikální, chemické, biologické nebo jejich kombinaci. V další části si vysvětlíme, jaké známe druhy samovznícení, ke kterým může v tělese skládky tuhých odpadů docházet.

2.4.1 Fyzikální samovznícení

V případě fyzikálního samovznícení se může jednat například o adsorpci plynů a par za přítomnosti katalyzátoru, nebo o zvýšenou teplotu prostředí. Příkladem tohoto druhu samovznícení je samovznícení uhlí, které je zpočátku způsobeno adsorpcí plynů a par na povrchu uhelné hmoty. V prostoru skládky se s větším množstvím uhlí pravděpodobně nesetkáme, ale přesto nelze tento druh samovznícení vyloučit, protože se k fyzikálnímu samovznícení řadí i tzv. tepelné samovznícení. To je způsobeno zvýšenou teplotou prostředí (cca 100 °C), která dlouhodobě působí na hořlavý materiál a postupně způsobí

oxidaci materiálu. K tomuto druhu samovznícení jsou náchylné zejména vláknité organické materiály. [12] [13]

2.4.2 Chemické samovznícení

Příčinou chemického samovznícení je exotermická reakce látek. Tato reakce doprovázená dostatečnou teplotou okolního prostředí může vést ke samovznícení reagujících látek a hořlavých látek přítomných v okolí. Nejrozšířenější skupinou samovznětlivých chemických látek jsou vysychavé oleje a výrobky z těchto olejů. Tyto oleje obsahují ve svých molekulách dvojnou vazbu, na které se váže kyslík a způsobuje jejich houstnutí a tvrdnutí. Při této chemické reakci dochází k uvolňování tepelné energie, její akumulaci a následnému samovznícení. Nejčastějším původcem chemického samovznícení je zahuštěný lněný olej nebo jeho směs s jinými vysychavými oleji, který je nasáklý v bavlněných kusech látky. [12] [13]

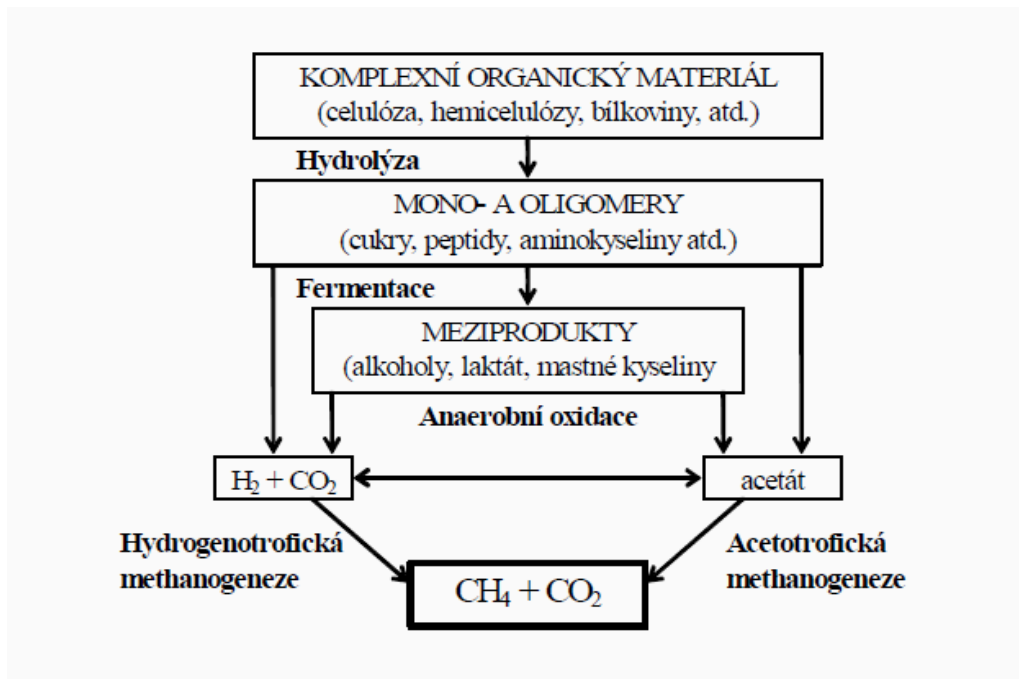
2.4.3. Biologické samovznícení

U rostlinných produktů a zbytků uložených ve větších celcích v krytých a tepelně izolovaných prostorách dochází k samovolnému zahřívání na teploty, při kterých se mohou okolní nahromaděné hořlavé materiály vznítit. Podmínkou k samovznícení je nerovnoměrné rozložení vlhkosti a jakosti vrstvené organické hmoty. Podstatou samovznícení je činnost bakterií, které svou činností zvyšují teploty biologického materiálu až na teplotu 75 °C. Tato teplota je již dostačující pro rozpad jednoduchých rostlinných látek, ve kterých vzniká uhlík. Uhlík dále oxiduje za vzniku tepla. V prostoru skládky dochází k přirozenému procesu nazývaném anaerobní fermentace. Je to biologický proces rozkladu organické hmoty, který probíhá bez přístupu vzduchu. Směsná kultura mikroorganismů při tomto procesu postupně rozkládá organickou hmotu, která se stává živným substrátem pro další skupinu mikroorganismů. Proces se rozděluje do čtyř hlavních fází. [12] [13]

2.5 Proces anaerobního rozkladu biologické složky komunálního odpadu

Proces anaerobního rozkladu přímo souvisí s výskytem biologického samovznícení a vznikem podpovrchového požáru skládky tuhých odpadů. Jedná se zejména o tyto fáze:

- **Hydrolýza** - působením extracelulárních enzymů dochází k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy. Při tomto procesu se uvolňuje vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2). Kyslík je spotřebováván aerobními mikroorganismy a zároveň vytěšňován produkovaným oxidem uhličitým.
- **Acidogeneze** - působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).
- **Acetogeneze** - dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.
- **Methanogeneze** - závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, vodíku a oxidu uhličitého vzniká methan – CH_4 . Tento krok provádějí methanogenní bakterie, které jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy. [7] [14]



Obrázek č. 2: Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace. [15]

Z pohledu reakčních teplot můžeme rozdělit anaerobní procesy podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychofilní (5 - 30 °C), mezofilní (30 - 40 °C), termofilní (45 - 60 °C) a extrémně termofilní (nad 60 °C). Výhodou procesů prováděných za vyšších teplot je hlavně vyšší účinnost hygienizace materiálu. V praxi se k výrobě bioplynu nejčastěji využívají procesy mezofilní při teplotě cca 38 °C. [14]

Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty na skládce KO je skládkový plyn. Skládkový plyn je stejně jako bioplyn bezbarvý a skládá se hlavně z metanu a oxidu uhličitého. Rozdíl mezi skládkovým plynem a bioplynem je zejména v obsahu hořlavě složky, tedy metanu CH₄, kdy je skládkový plyn oproti bioplynu méně kvalitní.

Tabulka č. 3: Průměrné složení skládkového plynu a bioplynu. [14]

	skládkový plyn	bioplyn
H₂ (%)	1	1
CO (%)	1	0
O₂ (%)	3	0
CO₂ (%)	46	38
CH₄ (%)	49	61

Popis těchto biologických procesů, které probíhají uvnitř skládky, je zásadní pro vznik požáru samovznícením. K samovznícení skládek dochází zejména po vniknutí vzdušného kyslíku do tělesa skládky a nastartování aerobních procesů spojených se zvýšením teploty odpadu nad mez samovznícení některých materiálu. Vniknutí vzduchu do tělesa skládky je většinou způsobeno nedostatečným zhutněním odpadu a nedostatečným překrytím skládky zeminou.

3. Požáry skládek v Ústeckém kraji

V této části bude nejprve popsána konstrukce skládek pevných odpadů a poté budou popsány dva požáry skládek tuhého odpadu, ke kterým došlo v předchozích letech na území Ústeckého kraje. Na likvidaci těchto požárů se podílela jednotka Hasičského záchranného sboru Chomutov, kde pracuje i autor této diplomové práce. Autor mohl proto využít detailní informace o způsobu likvidace těchto požárů a příčině vzniku těchto požárů.

3.1. Konstrukce skládek pevných odpadů

Skládky odpadů je možné podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, označit jako technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým řízeným uložením na zemi nebo do země. Při výkonu státního požárního dozoru se, ve vazbě na zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, nejčastěji setkáváme se skládkami tuhého komunálního odpadu. [6]

3.1.1. Návrh povrchových skládek

Skládka tuhých odpadů je tvořena tělesem skládky a místem skládky. Za těleso skládky považujeme konstrukční vrstvy skládky spolu s uloženým odpadem. Místem skládky rozumíme prostor, kde je umístěno těleso skládky a objekty pro manipulaci s odpady, průsakovými vodami a skládkovým plynem. Základní podmínky pro navrhování a výstavbu povrchových skládek odpadů stanovuje norma ČSN 83 8030. Technický projekt skládky řeší zejména zabezpečení skládky. Tím je myšleno:

- těsnění skládky,
- odvodňovací systém skládky,
- odplynění skládky,
- provozně technická zařízení skládky,
- monitorování skládky. [7]

3.1.2. Těsnění skládky

Těsnění skládky je soubor technických bariér, kterými se zabraňuje uvolňování škodlivých látek z tělesa skládky do okolí. Proti úniku skládkových výluhů ze skládky slouží soustava vrstev těsnících materiálů a jejich mechanická ochrana. Vlastnosti těsnění skládky musí být takové, aby je nenarušilo sedání skládky, účinky vnitřních a povrchových vod, povětrnostní vlivy, činnost živočichů, člověka a rostlin. [7]

Těsnění skládek stanovuje norma ČSN 83 8032. Základním dlouhodobým požadavkem na použité těsnící materiály je jejich dostatečně nízká propustnost, schopnost bez porušení snášet případné deformace podloží, chemická odolnost proti výluhům z uložených odpadů a schopnost omezit pronikání znečištění do okolí. Skládky skupiny S-OO a S-NO musí být opatřeny těsněním ze zemin s patřičným součinitelem propustnosti a zároveň fóliovým těsněním s danou minimální tloušťkou. [31]

Fóliové těsnění musí být chráněno proti poškození dostatečně tlustou ochrannou vrstvou. Jedná se o dostatečně odolnou netkanou geotextilii, spolu s nejméně 0,3 m tlustou ochrannou nebo drenážní vrstvou. Tato vrstva zároveň zabezpečuje ochranu fólie proti extrémním teplotám. [31]



Obrázek č. 3: Drenážní systém a ochrana těsnění skládky ve Vysoké Peci. [25]

Drenážní štěrková vrstva je jedinou faktickou ochranou nepropustné HDPE fólie proti destruktivním účinkům teplot v případě požáru skládky.

3.1.3. Odvodnění skládky

Skládky tuhého odpadu se budují jako těsné skládky, to znamená, že veškeré srážkové vody a skládkové výluhy zůstávají v tělese skládky. Tyto skládkové vody jsou pomocí odvodňovacího systému odváděny do jímky. Tato voda je kontaminovaná odpadními látkami ze skládky, má různý stupeň agresivity a není proto vhodná pro hašení požárů skládek tuhých odpadů. Součástí skládky tuhých odpadů je zpravidla uzavřený okruh vodovodního vedení, kterým se čerpá tato voda z jímky skládkových vod a rozstřikuje se zpět na horní část tělesa skládky. Rozstřikování skládkové vody se provádí takovým způsobem, aby v co největší míře docházelo k jejímu odpařování a nebyl nutný její odvoz a následná průmyslová likvidace. [6] [7]

3.1.4. Odplynění skládky

Dalším povinným vybavením skládky tuhých odpadů je technologie sloužící k odplynění skládky. Odplyňovací systém se zpravidla skládá ze sběrné sítě plynu v tělese skládky, dále ze svodné sítě a zařízení pro odvod plynu ke konečnému využití, nebo zneškodnění plynu. Odplynění skládky je nutné z důvodu odvedení skládkových plynů, které vznikají anaerobním rozkladem biologických složek odpadu, a to tak, aby nemohly nekontrolovatelně unikat do okolí, nevznikal vnitřní přetlak plynů v tělese skládky a zabránilo se případnému vznícení nebo výbuchu plynů. Při těchto procesech vzniká velké množství hořlavého skládkového plynu metanu. Odplyňovací zařízení se staví buď průběžně tak, jak se skládka zaplňuje, nebo po dokončení skládky. Tento plyn je z části energeticky využíván a z části volně uniká do ovzduší. V průměru se zachycuje a zpracovává 20 až 70 % produkovaného plynu. [6] [7]

Skládkový plyn metan se ve většině případů podílí na samovznícení a vzniku podpovrchových požárů skládek. I v případě povrchových požárů skládek může sehrát důležitou roli v šíření požáru po povrchu skládky.

3.1.5. Provozně technická zařízení skládky

Skládky odpadů skupiny S-OO a S-NO musí být vybaveny manipulačním prostorem pro fyzické převzetí odpadů, váhou pro kontrolu hmotnosti dovezených odpadů, provozními a sociálními objekty a vybavením z hlediska ochrany zdraví a požární ochrany. Dále se mezi provozně technické zařízení zařazují: dopravní cesta v prostoru skládky, venkovní osvětlení, oplocení skládky nebo například větrolamy. Z pohledu požární ochrany je důležité rozmístění hasicích přístrojů, požární řád a požární poplachový plán. Dalším z požárního hlediska důležitým vybavením je dostatečná zásoba zeminy, která se použije při hašení požáru k překrytí hořících částí skládky a zamezení přístupu vzdušného kyslíku k ohnisku hoření. [7]

3.1.6. Monitorování skládky

Monitorováním skládky se kontroluje, zda nedochází k únikům škodlivých látek do okolí skládky a ke kontaminaci životního prostředí. Sleduje se zejména kvalita podzemních a povrchových vod, vývoj a složení skládkového plynu, spolehlivost jímání skládkového plynu, chování skládky a její prašnost. Zásady monitorování jsou uvedeny v provozním řádu skládky a také v normě TNO 83 8039. [7]

3.2. Požár použitých pneumatik v areálu elektrárny Tušimice

Tato část pojednává o požáru uskladněných použitých pneumatik v provozovně dnes již zaniklé firmy GRG Investment a.s. v Tušimicích, kde se pomocí automatických drtících a třídících linek provádělo druhotné zpracování použitých pneumatik. Pneumatiky byly nejprve nadrceny a potom rozděleny na chemlonové vlákno a pryžovou drť. Prostor se skladovanými pneumatikami byl rozdělen na severní a jižní část, kdy požár probíhal pouze na jižní části. Severní část nebyla vzhledem k ochrannému pásmu pod elektrickým vedením 110 kV požárem zasažena.

Volně uložené pneumatiky byly v bezprostřední blízkosti provozních hal, z jedné strany ohraničeny potrubím horkovodu a na druhé straně přerušeny linií tvořenou elektrickým vedením 110 kV. Vzhledem ke skutečnosti, že došlo k přehoření elektrického vedení je patrné, že nebylo dodrženo ochranné pásmo 12 m od krajního vodiče. Skladovací výška volné skládky byla přibližně od 3 do 5 m.



Obrázek č. 4: Požár pneumatik způsobil přehoření elektrického vedení. Foto autor.

Pravděpodobná plocha v době vzniku požáru byla asi 100x60 m, výška od 3 do 5 m s celkovým množstvím cca 5 000 tun použitých pneumatik. Část skládky (asi jedna třetina) se nacházela na zpevněném povrchu tvořeném betonovými panely, zbytek se nacházel na nezpevněném travnatém povrchu. Vzhledem k tomu, že se pneumatiky nesmějí v ČR likvidovat formou trvalého uložení na skládku, nejedná se v pravém slova smyslu o skládku jako takovou a tomu odpovídá i systém zabezpečení. Skladiště použitých pneumatik není vybaveno žádným z konstrukčních opatření k zabránění úniku látek ze skládky do okolí. V době vzniku požáru došlo k akcelerujícímu samovolnému rozvoji požáru hořlavých materiálů (chemlonové vlákno, prach a guma). Následně potom došlo k postupnému nahřívání hořlavých látek nacházejících se v zóně přípravy, a to opět zejména chemlonového vlákna a použitých pneumatik. Teplo a zplodiny vzniklé z procesu hoření byly i přes čerstvý vítr tak intenzivní, že velmi výrazně ztěžovaly pohyb zasahujících jednotek.

3.2.1. Měření škodlivin v ovzduší

Vzhledem k vývinu hustého černého kouře byl na místo povolán měřicí vůz, který měřil koncentraci škodlivých látek v ovzduší. Posádka měřicího vozu měřila ovzduší v

úrovni cca 1 m nad zemí, ve směru šíření uniklých zplodin hoření. Přístroj GDA 2 neslouží k měření a stanovení maximální koncentrace plynů v ovzduší, je určen pouze jako detektor (vysoké koncentrace plynů s nebezpečnými vlastnostmi mohou senzory přístroje trvale poškodit), proto zjištěné hodnoty koncentrace jednotlivých plynů nemusí odpovídat skutečnému zamoření v dané oblasti, neboť přístroj nebyl nasazován do ohniska šíření. Hodnoty formaldehydu byly významně překročeny, proto bylo rozhodnuto o evakuaci 170 osob z blízkého panelového domu.

Tabulka č. 4: Hodnoty naměřené přístrojem GDA 2. Zdroj HZS Ústeckého kraje

Datum	Druh plynu	Nejvyšší naměřené hodnoty dne		PEL (mg/m ³)	NPK (mg/m ³)
		čas měření	koncentrace (mg/m ³)		
17.6.2010	Oxid siřičitý	20:59:39	0,861	5	10
17.6.2010	Oxid uhelnatý	20:59:39	3 701	9 000	45 000
18.6.2010	Chlorokyan	3:37:05	0,151	3	10
18.6.2010	Oxid dusičitý	3:33:51	1,296	10	20
18.6.2010	Kyanovodík	3:37:05	0,001	3	10
18.6.2010	Formaldehyd	12:26:54	2,027	0,5	1
18.6.2010	Kys. octová	21:34:11	3,309	25	35
19.6.2010	Vynilchlorid	13:16:28	1,22	7,5	15
19.6.2010	Chlorbenzen	13:16:28	0,58	25	70
19.6.2010	Oxid siřičitý	16:16:25	2,458	5	10
19.6.2010	Oxid uhličitý	16:16:25	10 559	9 000	45 000
19.6.2010	Formaldehyd	16:53:22	122	0,5	1

PEL - Přípustný expoziční limit chemické látky je časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, kterým může být, podle současného stavu znalostí, vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. [32]

NPK - Nejvyšší přípustná koncentrace je taková koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven. Při hodnocení pracovního ovzduší lze porovnávat s nejvyšší přípustnou koncentrací dané chemické látky časově vážený průměr koncentrací této látky měřené po dobu nejvýše 15 minut. Takové úseky s

vyšší koncentrací smí být během osmihodinové směny nejvýše čtyři, hodnocené s odstupem nejméně jedné hodiny. [32]

3.2.2. Použitá metoda likvidace požáru pneumatik

Likvidace požárů pneumatik je pro zasahující jednotky velmi obtížný úkol. Pro účinný boj s požárem je nejprve důležité pochopit, jak hoření pneumatik, pryže samotné, probíhá. K odpovědi na tuto otázku je nutné znát materiálové složení pneumatiky. Hlavní složkou pneumatiky je pryž, která se vyrábí z kaučuku, ať už přírodního nebo syntetického. Syntetický kaučuk se vyrábí polymerací nebo kopolymerací některých nenasycených uhlovodíků. Může mít různé složení, ale nejčastěji používaným patří butadien-styrenový kaučuk (SBR), butadienový kaučuk a isoprenový kaučuk.

Další složkou pneumatik jsou potom saze, antioxidanty (2-fenylnaftylamin, parafenylendiamin, chinolin), změkčovadla (minerální oleje), vulkanizační činidla (nejčastěji prášková síra v obsahu 1 - 3 %), urychlovače vulkanizace (difenylguanidin, N-sulfenamidy, 2-merkaptobenzothiazol) a aktivátory jako oxid zinečnatý. Pokud vynecháme chemicky nedůležité části jako kord a patní lana, může být přibližné složení směsi pro výrobu pneumatik následující: 100 hmotnostních dílů kaučuku; 35 dílů sazí, 4 díly aktivátoru; 2,5 dílů síry; 2 díly změkčovadla; 1 díl kyseliny stearové; 0,75 dílu urychlovače; 0,7 dílu antioxidantů. [19]

Při hoření pneumatik vzniká obrovské množství uvolňovaného tepla a zplodin hoření. Pneumatiky mají velkou výhřevnost, také proto se drť z pneumatik používá jako palivo v cementárnách. Svou výhřevností se blíží černému uhlí. Pneumatiky a pryž v nich obsažená hoří sytým žlutým plamenem za vývinu velkého množství hustého a černého kouře, který značně znesnadňuje vlastní zásah vzhledem k téměř nulové viditelnosti na požářišti viz. obrázek č. 5. Pokud je požár rozsáhlý, je kouř vidět na vzdálenost několika kilometrů. Požáry volně uložených pneumatik se velmi obtížně likvidují. Důvodem je jak samotný tvar pneumatiky, tak i způsob jejich navršování na haldách.

Samotným tvarem pneumatik a způsobem uložení vzniká velké množství dutin a prostorů kam se nemohou hasební látky dostat, ale zároveň se jimi velmi lehce šíří požár. Byly zaznamenány případy, kdy byla hořící pneumatika ponořena do vody na několik sekund a po vytažení se opět samovolně vznítla. [9]



Obrázek č. 5: Požár pneumatik je charakteristický intenzivním hořením a vývinem kouře. Foto autor.

V první fázi bylo nutné zajistit přístup jednotek k hořícímu materiálu. Plocha požáru byla proto intenzivně ochlazována velkým množstvím hasební vody spolu se smáčedly, které snižují povrchové napětí vody a zajišťují tím lepší pronikání vody do prostoru uskladněných pneumatik. Značná část hořících pneumatik musela být zavezena zeminou, aby se zabránilo přístupu vzduchu a projevům hoření. Na dalších částech skládky byla použita střední a těžká pěna, která pokryla povrch uskladněných pneumatik a tím zabránila přístupu vzduchu a dalšímu šíření požáru.

Provedením tohoto zákroku, kdy se významně snížilo tepelné vyzařování a vývin zplodin hoření, bylo možné nasadit těžkou techniku jako rypadla a velké nakladače, které začaly postupně rozebírat navršené ještě hořící pneumatiky. Při tomto přístupu je nutné neustále ochlazovat odebíraný materiál, protože při rozkrytí dochází k opětovnému přístupu vzduchu a tím i k rozhoření pneumatik. Mezitím byla v prostoru požáru vytvořena laguna ohrazená navezenou zeminou a naplněná vodou se smáčedlem. Do této laguny byly těžkou technikou přemístovány stále ještě hořící pneumatiky. V laguně zůstaly pneumatiky ponořeny po dobu několika minut, než byly dostatečně ochlazeny pod zápalnou teplotu a tak zcela uhašeny. Tento způsob likvidace požáru pneumatik byl podle dostupných zdrojů v ČR použit poprvé. [16]



Obrázek č. 6: Požářiště zavezené zeminou. Ochlazovací laguna uprostřed. Foto autor

Jedná se o jediný skutečně účinný způsob likvidace požárů pneumatik velkých rozsahů, který je však velmi časově náročný a vyžaduje i velké množství zasahujících hasičů jak k ochraně těžké techniky před zapálením, tak i k dohašování odebraných a stále hořících pneumatik. Při likvidaci požárů pneumatik dochází k enormní spotřebě hasební vody, která uniká do okolí. Proto je nutné zachytávat tyto vody, znečištěné produkty hoření při hašení a odtékající z požářiště, aby nedošlo k zamoření půdy a spodních vod. [16]

3.2.3. Příčina vzniku požáru

V průběhu šetření byly stanoveny tyto možné verze vzniku požáru:

- **Nedbalost zaměstnanců při manipulaci s otevřeným ohněm nebo úmyslné zapálení.** Ohnisko požáru se nacházelo na manipulačním prostoru mezi skladem olejů a skládkou pneumatik v zadním traktu firmy. Z výpovědí svědků nebylo možné prokázat pohyb zaměstnanců v tomto prostoru v době vzniku požáru, protože se nacházeli na obědě. Ani přímý svědek vzniku požáru, ani ostraha firmy nezaznamenala v době vzniku požáru žádný pohyb cizích osob v blízkosti ohniska požáru. Z prověřené výpovědi ostraha nebyla v objektu žádná cizí osoba.

V ohnisku nebyly nalezeny žádné zbytky zařízení, kterým by bylo možné požár iniciovat s časovou prodlevou tak, aby se pachatel mohl vzdálit. Z výše uvedeného je patrné, že tuto verzi vzniku požáru lze vyloučit. [16]

- **Samovznícení.** Na základě analýzy vzorku chemlonového vlákna byl vedle teploty vznícení 451 °C a teploty vzplanutí 294 °C stanoven i sklon k samozahřívání a samovznícení látky. Teplota samovznícení byla naměřena 210 °C. [16] V prostoru ohniska požáru docházelo při překládání z kontejneru na kamion k rozsypávání, volnému poletování a zachycování chemlonového prachu a vlákna, které bylo částečně roznášeno východním větrem. K naplnění podmínek pro vznik požáru vlivem samovznícení by bylo nutné jeho soustředování v malém prostoru, postupné hutnění s nutností nedostatečného odvodu tepla z jádra ohniska. K těmto okolnostem v místě ohniska požáru nedocházelo. Naopak vzhledem k podmínkám na venkovní skládce lze předpokládat vhodné ventilační a tím i ochlazovací podmínky. Šetřením a ohledáním místa požáru nebylo zjištěno, že by v objektu docházelo ke skladování jiných látek náchylných k samovznícení, nebo že by se zde nacházely látky náchylné k procesu samovznícení. Z výše uvedeného je patrné, že tuto verzi vzniku požáru lze vyloučit. [16]
- **Provozně technická závada nebo porušení provozního řádu při nakládání s chemlonovým vláknem.** Následným šetřením bylo zjištěno, že chemlonový prach a vlákno je směs polyamidových a polyesterových vláken. Tudíž se jedná o velmi hořlavý materiál. Podle výpovědi zaměstnanců podniku se chemlonový prach a vlákno po odloučení zachytávaly bez lisování do malých provozních kontejnerů a z těchto se vysokozdvíhacími vozíky přesypávaly do velkoobjemových kontejnerů a následně se expedovaly. V tu dobu měl obvykle používaný tahač kontejnerů poruchu, používalo se tedy náhradní řešení. Při této manipulaci se chemlon z kontejneru vyklopil na manipulační betonovou plochu mezi skladem olejů a volnou skládkou pneumatik a odtud se nakladačem nakládal na přistavený kamion, který jej vyvezl. Po nakládce zbyly na manipulační ploše zbytky chemlonového vlákna, které se mohly vlivem větru volně rozšiřovat do prostoru a tak i do volné skládky pneumatik. Tyto zbytky byly obsluhou shrnovány pomocí nakladače BobCat. Při shrnování manipulační plochy z betonových panelů kovovou lžící nakladače došlo vlivem tření k jiskření. Jiskření v tomto případě představuje

v podstatě částice rozžhaveného kovu. Vysoká teplota jisker (700 - 1400 °C) je vnějším projevem nárazů a oxidace povrchu kovu se vzdušným kyslíkem. Fatálním činitelem pro vznik požáru se stala doba, po kterou docházelo k výše zmiňovaným projevům jiskření. Všechna výše zmíněná zjištění vedla členy vyšetřovací komise k závěru, že je nesporné, že třením kovové lžice nakladače o betonové panely manipulačního prostoru došlo jiskřením a akumulací tepelné energie ke zvýšení teploty do té míry, že došlo ke vznícení chemlonového vlákna. Tyto vznícené chuchvalce textilních vláken rozšířily požár směrem ke skládce pneumatik, kde došlo vlivem dobrých ventilačních podmínek k volnému rozvoji požáru. [16]

3.2.4. Vzniklé škody

Požárem byla zcela zničena naskladněná surovina asi 5 000 tun pneumatik. Bylo poškozeno vedení vysokého napětí a potrubí horkovodu, kterým byl areál ohraničen. Provozní haly a sklad pohonných hmot firmy GRG nebyly vzhledem k intenzivnímu ochlazení požární vodou a silnému východnímu větru požárem zasaženy. [16]



Obrázek č. 7: Areál firmy GRG Investment a.s. v Tušimicích po požáru. [24]

3.3. Požár skládky tuhých odpadů Vysoká Pec

Skládka se nachází poblíž obce Vysoká Pec ve vnitřní výsypce hnědouhelného lomu ČSA. Tato skládka patří do skupiny S-OO určené pro ukládání odpadů kategorie ostatní odpad. Je členěna na jednotlivé sektory (kazety) dle uloženého odpadu. Skládka byla koncem roku 2009 rozšířena o další úložné prostory a jímku průsakových vod. Jednalo se o první etapy postupného rozšíření stávající skládky o kapacitě 246 155 m³ na navrhovanou kapacitu 4 000 000 m³. Plošný rozsah skládky včetně jímky průsakových vod je nyní 19,6 ha. Předpokládaný roční návoz odpadů je cca 50 000 t/rok. [18]



Obrázek č. 8: Situační mapa skládky Vysoká Pec. Kazeta C5-A ve středu obrázku. Nahoře jímka průsakových vod[24]

Komunální odpad je navážen po příjezdové komunikaci a vysypáván z horní části kazety. Z hlediska členění skládek KO se jedná ve vztahu k úrovni terénu o podúrovňovou skládku. Těsnění skládky je zajištěno minerální nepropustnou vrstvou a fóliovým těsněním z HDPE o tloušťce 2,5 mm, která je překryta netkanou geotextilií. Jako ochrana před proražením fólie jsou na geotextilii vyskládány použité pneumatiky. Dno skládky je vybaveno drenážním systémem odvodu skládkových vod, které je překryto cca 30 cm tlustou vrstvou šterku. Skládka je zároveň vybavena svislým systémem odplynění, které se průběžně dostavuje podle toho, jak se skládka zaplňuje. V době vzniku požáru nebyl

skládkový plyn metan jímán ani jinak energeticky využíván a byl volně vypouštěn. [17]

V průběhu rozšiřování skládky došlo v letech 2010 a 2011 ke vzniku šesti požárů viz. tabulka č. 5. Dále se budeme zabývat pouze jedním z nich a to požárem z 18. 10. 2010.

Tabulka č. 5: Časový přehled požárů v průběhu 2 let a vzniklé škody. [17]

Datum a čas vzniku	Datum a čas likvidace	Škoda
18.10.2010 – 03:20	19.10.2010 – 13:10	1 800 000,-Kč
11.5.2011 - 12:30	13.5.2011 - 11:37	50 000,-Kč
16.5.2011 - 19:15	16.5.2011 - 21:23	0
19.5.2011 - 19:40	21.5.2011 - 21:20	0
17.7.2011 - 15:45	18.7.2011 - 13:02	0
19.7.2011 - 04:15	19.7.2011 - 06:24	0

Tento požár byl nejrozsáhlejší a došlo při něm k porušení těsnění skládky a vzniku finančních škod. Obvykle jsou při požárech skládek tuhých odpadů škody a uchráněné hodnoty nulové, protože se jedná o odpad, který nemá žádnou hodnotu. Jednalo se o požár kazety „C5-A“, kterou můžeme vidět ve střední části obrázku č. 8. Tato kazeta je z části zavezena zeminou a z části odkrytá z důvodu nepřetržitého plnění kazety novým odpadem. [17]

K prvnímu požáru došlo dne 18.10.2010. Kolem 04:00 uviděl člen ostraHY objektu vycházet z prostoru skládky kouř a plameny. Požár ohlásil na linku 112. Při příjezdu první jednotky SDH Jirkov šlehaly plameny do výšky 4 m a z prostoru skládky vycházel hustý kouř z plochy cca 400 m² a to na východní straně kazety „C5-A“ viz. obrázek č. 9. V tomto prostoru došlo ke vzniku požáru navezeného materiálu, který postupně prohořel do hloubky několika metrů. Jednalo se zejména o tuhý komunální odpad.

V tomto případě šlo o povrchový požár skládky, který se i díky skládkovému plynu metanu postupně prohořel hluboko do tělesa skládky. Můžeme tedy hovořit o kombinaci povrchového a podpovrchového požáru skládky tuhých odpadů. Likvidace podpovrchových požárů je velice zdlouhavá a vyžaduje nasazení těžké techniky spolu s velkými objemy hasebních látek. [17]



Obrázek č. 9: Požár skládky Vysoká Pec z 18.10.2010. Foto autor.

3.3.1. Měření škodlivin v ovzduší

Vzhledem k intenzivnímu vývinu kouře, který se šířil směrem k obcím Jirkov a Chomutov, byl povolán měřicí vůz na monitorování škodlivin v ovzduší. Posádka měřicího vozu měřila ovzduší v úrovni cca 1 m nad zemí, ve směru šíření uniklých zplodin hoření. Přístroj GDA 2 neslouží k měření a stanovení maximální koncentrace plynů v ovzduší, je určen pouze jako detektor (vysoké koncentrace plynů s nebezpečnými vlastnostmi mohou senzory přístroje trvale poškodit), proto zjištěné hodnoty koncentrace jednotlivých plynů nemusí odpovídat skutečnému zamoření v dané oblasti, neboť přístroj nebyl nasazován do ohniska šíření. Naměřené hodnoty škodlivin jsou uvedeny v tabulce č. 6. [17]

Jak můžeme vidět na výsledcích měření byla významně překročena přípustná hodnota pro formaldehyd, oxid siřičitý a oxid uhličitý. To je dáno charakterem hořlavých látek, které se vyskytují v komunálním odpadu, v tomto případě převážně plastů. O tomto stavu jsou informováni starostové dotčených obcí a Odbor životního prostředí Chomutov. Obyvatelé dotčených obcí jsou přes média informováni o škodlivinách v ovzduší a je jim doporučeno nevycházet z domova a nevětrat.

Tabulka č. 6: Hodnoty naměřené přístrojem GDA 2. Zdroj HZS Ústeckého kraje

Datum	Druh plynu	Nejvyšší naměřené hodnoty dne		PEL (mg/m ³)	NPK (mg/m ³)
		čas měření	koncentrace (mg/m ³)		
18.10.2010	Formaldehyd	12:55:29	1 760	5	10
18.10.2010	Chlorokyan	11:10:54	0,21	3	10
18.10.2010	Oxid dusičitý	11:58:51	0,91	10	20
18.10.2010	Oxid siřičitý	12:10:34	165	5	10
18.10.2010	Oxid uhličitý	12:10:45	808 633	9 000	45 000

3.3.2. Použitá metoda likvidace požáru komunálního odpadu

Při likvidaci tohoto požáru bylo v počáteční fázi nutné uhasit povrch skládky a zpřístupnit ho k nasazení těžké techniky, která by povrch skládky zavezla zeminou a zamezila tím přístupu vzduchu k ohniskům požáru. K tomuto účelu bylo použito velké množství vody spolu se smáčedlem, které díky snížení povrchového napětí vody způsobuje lepší pronikavost vody do hloubky navezeného odpadu.

Po likvidaci plamenného hoření na povrchu skládky byla pomocí termokamery zmapována místa, kde docházelo k podpovrchovému hoření navezeného komunálního odpadu. Tato místa byla poté intenzivně ochlazována velkým množstvím vody se smáčedlem. Zároveň s hašením ohnisek uvnitř skládky byly z vrchu skládky nasazeny dva buldozery, které začaly skládku zahrnovat cca 0,5 m tlustou vrstvou zeminy. Tím byl hořící odpad izolován od přístupu vzduchu a docházelo k postupnému uhasínání ohnisek.

V tomto případě nebyl odpad ze skládky vykopáván a hašen mimo těleso skládky, jak tomu často bývá. Byla použita metoda, kdy bylo do tělesa skládky dopraveno extrémní množství hasební vody spolu se smáčedly.



Obrázek č. 10: Při likvidaci požáru skládky KO bylo použito 4 498 000 l vody. Foto autor

Nejdříve se voda na místo zásahu vozila hasičskými vozy a cisternami, ale později v průběhu likvidace požáru nebylo toto množství dostatečné. K zásobování vodou bylo použito vysokokapacitní čerpadlo SOMATI, které čerpalo vodu z řeky Bíliny vzdálené od skládky cca 800 m. Toto vysokokapacitní čerpadlo spolu s cisternovými automobily dopravilo na místo požáru za dobu nutnou k jeho likvidaci 4 498 000 l vody.

Došlo tedy v podstatě k zaplavení tělesa skládky vodou, ochlazení hořícího odpadu a následnému uhašení požáru. Pro představu se jedná o takové množství vody, které by stačilo k naplnění plaveckého bazénu o rozměrech 50 x 22,49 m s průměrnou hloubkou 4 m. Je zřejmé, že se část vody vypařila, ale vzhledem k tomu, že došlo k prohoření ochranné vrstvy z použitých pneumatik a tím k poškození fóliového těsnění skládky, lze se domnívat, že významné množství použité vody uniklo do okolí skládky. [17]



Obrázek č. 11: Na několika místech došlo k prohoření skrz těsnění skládky. Foto autor

3.3.3. Příčina vzniku požáru skládky komunálního odpadu

Při zjišťování příčiny vzniku požáru skládky ve Vysoké Peci, byly stanoveny dvě verze možného vzniku požáru:

- ohnisko požáru se nacházelo na východní straně kazety „C5-A“, kde se nenacházel žádný technický iniciátor požáru. V době vzniku požáru byla topná sezóna a jak vyplývá ze skutečnosti, již několikrát v minulosti bylo zjištěno, že sběrný vůz přivezl náklad odpadu se žhavým popelem, od kterého se komunální odpad (papír, hadry atd.) vznítil. Navážení odpadu se však děje vždy za přítomnosti obsluhy, která by toto vznícení odpadu včas zjistila a zlikvidovala. Tato verze vzniku požáru byla vyloučena i z důvodu časové prodlevy mezi navážením odpadu a časem zpozorování požáru skládky. [17]
- V prostoru, kde došlo ke vzniku požáru se nacházely lehce hořlavé materiály s teplotou vznícení kolem 220 – 250 °C. K jejich zapálení postačuje i jednoduchý iniciátor. V případě vzniku požáru manipulací s otevřeným ohněm se mohlo jednat o dvě alternativy, které se od sebe liší motivem a úmyslem, s jakým k iniciaci došlo. Jednalo se o nedbalostní nebo úmyslné zapálení komunálního odpadu.

Iniciačním zdrojem v obou uvedených případech mohla být běžně dostupná jednoduchá zapalovač jakými jsou zápalka, zapalovač, svíčka nebo nedopalek cigarety, které při požáru mohou shořet beze stop. Na skládce se nacházely hořlavé materiály, jejichž teplota vznícení se pohybuje v rozmezí od 220°C do 250°C. Teplota všech výše uvedených zdrojů je větší než 300 °C. Z toho je zřejmé, že všechny tyto zdroje zapálení jsou schopny zapálit běžné materiály, které se na skládce nacházely. Z provedeného šetření je dále zřejmé, že v době vzniku požáru byla skládka bez obsluhy a ostraha provádí pochůzky nepravidelně. Vzhledem k tomu, že východní část skládky, kde došlo ke vzniku požáru, je volně přístupná, nelze zde vyloučit pohyb cizích osob. Tato verze příčiny vzniku požáru se jeví jako nejvíce pravděpodobná. [17]

3.3.4 Vzniklé škody

Vzhledem k tomu, že se jednalo o požár skládky komunálního odpadu, jsou způsobené škody na shořelém materiálu nulové. Z vybavení skládky bylo požárem poškozeno těsnění skládky, kdy došlo k prohoření vrstvy pneumatik, které měly sloužit jako ochrana fóliového těsnění proti mechanickému porušení, a následnému poškození nepropustné HDPE fólie. Škoda byla vyčíslena na 1 700 000 korun. K úmrtí ani zranění při požáru nedošlo. [17]

4. Metody likvidace požárů skládek u nás a v zahraničí

V této kapitole se budeme zabývat metodami likvidace požárů skládek u nás a v zahraničí. Požáry skládek tuhých odpadů jsou charakteristické obtížně přístupnými ohnisky hoření pod povrchem odpadu, skrytými cestami šíření požáru a skrytými dutinami neboli kavernami, nedokonalým hořením a vznikem toxických zplodin hoření a silným vývinem kouře. Likvidace požáru skládek je komplikována obtížnou přístupností k ohniskům hoření, protože zde nejsou k dispozici zásahové cesty. Hrozí zde nebezpečí propadnutí nebo poškození požární techniky jako proříznutí pneumatik, proříznutí hadic apod. V okolí místa zásahu zpravidla nejsou dostatečné zásoby vody k hašení a ta se musí na požářiště dovážet. Účinnost použitých hasiv je malá vzhledem k různorodosti a tvaru hořících materiálů a nedostupnosti ohniska požáru. Zasahujícím hasičům hrozí riziko propadnutí, popálení, otravy, poranění o ostré předměty a následný vznik infekce. Zásah je zpravidla velmi časově náročný.

4.1 Metody likvidace požárů skládek tuhých odpadů v ČR

V České republice se při likvidaci požárů skládek postupuje především podle situace na místě požáru a dále potom podle metodického listu, kterým se stanoví jednotný postup při likvidaci požáru. K tomuto účelu je k dispozici „Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy“ metodický list č. 26 „Požáry skládek tuhých odpadů“. V tomto dokumentu jsou specifikovány jednotlivé termíny a pojmy ze zákona 185/2001 Sb. o odpadech a dále potom charakteristiky a hrozící nebezpečí při likvidaci požárů skládek.

Bezprostředně po příjezdu na místo požáru se průzkumem zjistí rozsah požáru a charakter převažujícího hořícího materiálu. Detailní složení skládek nelze zpravidla zjistit. Informace o složení skládky lze vyžádat od pracovníků a provozovatele skládky. Dále je třeba zhodnotit:

- možnost ohrožení obyvatelstva s ohledem na směr šíření zplodin hoření a meteorologické podmínky – spolupráce s příslušnými orgány,
- kam bude odtékat hasební voda a nebezpečí znečištění povrchových vod,
- možnosti pro dodávky hasební vody, nástupní plochy a zásahové cesty,
- varování obyvatelstva a případná evakuace. [27]

Po těchto prvotních úkonech je možné zahájit samotnou likvidaci požáru skládky. Nejprve je třeba zamezit intenzivnímu plamennému hoření za účelem získání přístupu k ohniskům požáru. Následně se postupuje zpravidla těmito způsoby:

- zaplavením ohnisek požáru velkým množstvím vody s možností použití smáčedel,
- zaplavením ohnisek inertním materiálem jako popílek, kaly apod.,
- hašení pěnou se provádí jen v případě hašení požárů pneumatik,
- injektáží vody do tělesa skládky,
- rozrušením skládky pomocí účinků proudů vody na ohnisko,
- postupným rozebráním skládky a zkrápěním vytěženého materiálu,
- z kropením nebo zaplavením povrchu skládky nad ohnisky požáru a následným zhutněním pomocí těžkých mechanismů,
- zavezením povrchu skládky zeminou a následným zhutněním. [27]

4.2 Metody likvidace požárů skládek tuhých odpadů v zahraničí

V této kapitole vysvětlíme přístup k likvidaci požárů skládek tuhých odpadů v zahraničí. Postup likvidace požáru skládky tuhých odpadů je vždy závislý na charakteru odpadu, který hoří, dále potom na mocnosti odpadu a na typu požáru. Podle toho zda se jedná o podpovrchové nebo povrchové požáry skládek, volíme postup likvidace. Mnoho rozdílů v metodách likvidace požárů v ČR a v zahraničí nenajdeme. Postup je takřka stejný. Jde o zamezení plamenného hoření buď ochlazením hořlavých látek, nebo zamezením přístupu vzdušného kyslíku. V zahraničí se můžeme setkat s těmito metodami:

- zabránění přístupu kyslíku k ohnisku,
- vytěžení hořícího materiálu a následné uhašení,
- aplikace vody do ohniska požáru,
- pěnová injektáž do ohniska požáru,
- kontrolované zrychlené spálení hořlavého materiálu. [28]

V obecné rovině lze požární taktiku v boji proti požárům skládek pevných odpadů rozdělit na dva rozdílné přístupy. Likvidace požáru „In situ“, tedy přímo v prostou nebo v

tělese skládky, nebo likvidace požáru skládky „Ex situ“, tedy mimo prostor nebo těleso skládky pevných odpadů. Metody „Ex situ“ můžeme rozdělit na:

- vykopání ohniska požáru,
- vykopání hořících částí z tělesa skládky a následné uhašení mimo těleso skládky.

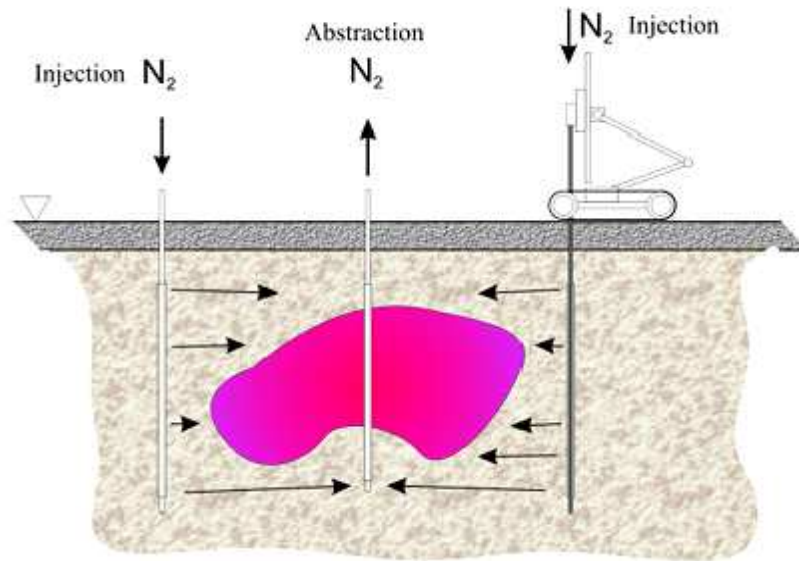
V USA je tento postup nazývaný jako „overhaul“, tedy jako generální oprava skládky neboli přepracování. Znamená to v podstatě vyjmutí hořících odpadů z tělesa skládky, jejich uhašení a následné navrácení do tělesa skládky. [9]

Z našeho pohledu na likvidaci podpovrchových požárů skládek se zdá být nejzajímavější metoda „In situ“, tedy přímo v tělese skládky, kdy je k uhašení požáru tuhých odpadů použit inertní plyn dusík nebo oxid uhličitý. Protože jde o nehořlavé plyny, funguje tato metoda na principu vytěsnění kyslíku z tělesa skládky a prostoru hoření a tím k uhašení ohniska požáru.

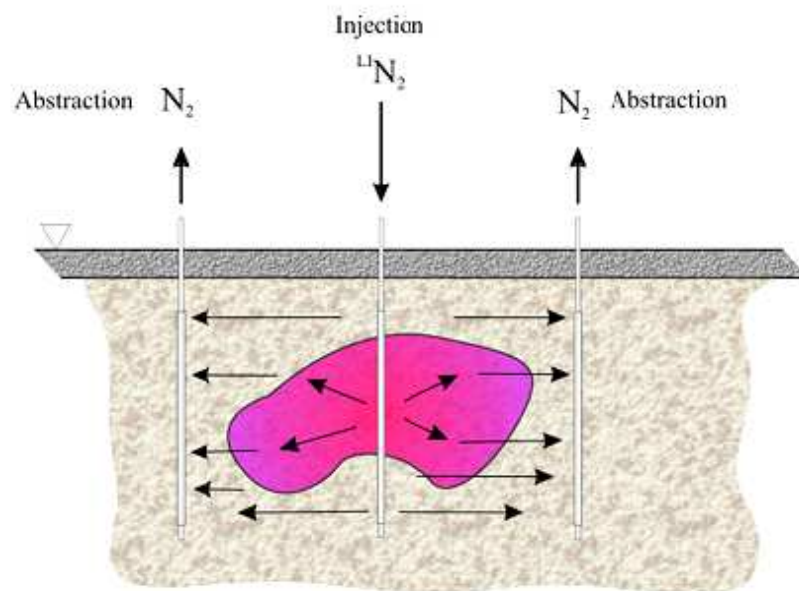
V případě použití této metody je nutné, aby bylo těleso skládky neprodyšně zakryté a odpad na skládce dokonale zhutněn. Pokud by tyto dvě podmínky nebyly dodrženy, bylo by hašení pomocí injektáže inertních plynů neúčinné, protože by došlo k úniku hasebních plynů do atmosféry nebo mimo ohnisko požáru. Využití této metody je možné především u uzavřených skládek tuhých odpadů nebo u skládek, které jsou využívány k jímání skládkového plynu k energetickému využití. V těchto případech by bylo nevhodné zasahovat do tělesa skládky těžkou technikou. Došlo by k porušení těsnění a mohlo by dojít k poškození odplynění skládky. [9]

Metodu „In situ“ můžeme rozdělit na:

- zavezení a utěsnění povrchu skládky,
- injektáž inertních plynů s použitím dusíku nebo oxidu uhličitého,
- kryogenní metodu – injektáž tekutého dusíku,
- injektáž vody,
- injektáž pěny.



Obrázek č. 12: Metoda injektáže dusíku do ohniska požáru ve skládce pevných odpadů.[30]'



Obrázek č. 13: Injektáž tekutého dusíku přímo do ohniska požáru v tělese skládky. [30]

Jak je z uvedených způsobů likvidace požárů skládek pevných odpadů v zahraniční patrné, není hlavním způsobem likvidace požáru použití velkého množství vody. Zaplavení hořící skládky velkým množstvím vody se nedoporučuje. Voda v tělese skládky podporuje aerobní rozklad biologického materiálu a tím i teplotu uvnitř skládky a produkci hořlavého skládkového plynu metanu, což znesnadňuje likvidaci požáru. Dále neúměrně zatěžuje odvodňovací systém skládky a pokud jsou v těsnění skládky v důsledku požáru místa s porušeným těsněním HDPE fólií, hrozí zde průsaky a následné znečištění podzemních vod. [5] [9]

4.2.1 Experimentální studie ve Finsku

Ve Finsku byla provedena experimentální studie, která měla objevit nové významné metody hašení požárů skládek komunálních odpadů. Ve Finsku bylo v roce 1992 provozováno 633 skládek odpadů a za rok jich průměrně 380 zachvátil požár. Celkové množství odpadu, které na skládkách shořelo bylo odhadováno na 84 000 tun ročně. Studie byla realizována ve dvou fázích. Provozovatelům skládek po celém Finsku byly distribuovány dotazníky jaké jsou jejich zkušenosti a jaké postupy volili při likvidaci požárů skládek a zároveň byla postavena experimentální skládka KO. Z dotazníků bylo zjištěno, že požáry skládek KO jsou většinou malého rozsahu a jsou zlikvidovány v poměrně krátké době. [5]

Pouze jedna třetina požárů skládek probíhala pod povrchem skládky, ty byly však nejhůře uhasitelné. Dále bylo zjištěno, že významným faktorem vzniku podpovrchového požáru skládky je nesprávné hutnění odpadu na skládce. Při snaze zjistit, jaký je nejefektivnější způsob likvidace požáru skládky, byla zřízena experimentální skládka tuhého komunálního odpadu o mocnosti 10 m a objemu 35 000 m³. Ve středu experimentální skládky byl zřízen výkop hluboký 7 m a na jeho dno byly uloženy žhavé uhlíky. Toto ohnisko bylo poté zahrnuto odpadem a zhutněno.

Následovalo hašení vodou a zasypávání ohniska hoření zeminou nebo sněhem. Při experimentu bylo zjištěno, že používání vody a zasypávání ohniska zeminou je nedostatečné. Při hašení ohniska velkým množstvím vody docházelo ke kontaminaci okolní půdy a podzemní vody kontaminovanou hasební vodou. Z výsledků získaných jak dotazníkovou metodou, tak i pokusem na experimentální skládce vyplývá, že

nejefektivnějším způsobem potlačení požárů skládek je vykopání hořícího materiálu z tělesa skládky a jeho následné chlazení vodou, půdou nebo sněhem. [5]

4.2.2 Rozsáhlý požár skládky Delta Shake a Single Shake v Kanadě

Na začátku listopadu v roce 1999 došlo ke vzniku požáru na skládce Delta Shake a Shingle Shake poblíž města Vancouver v Britské Kolumbii. Jedná se o skládku stavebního a demoličního odpadu, která obsahuje zejména stavební suť, dřevěný odpad, kusy asfaltových a jiných izolačních hmot. Ačkoliv kouř a zplodiny hoření vycházely ze skládky po dobu několika týdnů, že se jedná o požár bylo zjištěno až v okamžiku, kdy se oheň prohořel až na povrch skládky. Požár zachvátil stavební odpad o objemu 170 000 m³.



Obrázek č. 14: Požár skládky Delta Shake a Single Shake 27.11.1999. [23]

Provozovatel skládky se nejprve pokoušel uhasit požár vlastními silami a prostředky. Za pomoci těžké techniky se pokusil o oddělení hořící části skládky od ostatních částí. Avšak jeho úsilí jen posloužilo ke zhoršení požáru, když do ohniska pronikl vzdušný kyslík, který požár podpořil. Po několika týdnech od započetí požáru si obyvatelé města Vancouver začali stěžovat na nesnesitelný zápach a kouř vycházející z prostoru skládky,

který se vznášel nad městem. Dne 27. listopadu byl místními úřady vyhlášen výjimečný stav a na pomoc s požárem byly povolány hasičské jednotky.

K potlačení požáru skládky bylo v plánu využití všech dostupných technologií k zamezení přístupu vzduchu do požářiště, odebrání hořlavého materiálu ze zóny hoření a omezení teploty pod teplotu vznícení materiálů na skládce. Jednalo se o:

- urychlení hoření odpadu za vysokých teplot,
- zakrytí hořící skládky zeminou,
- zakrytí hořící skládky pomocí geomembrány,
- zaplavení hořící části skládky vodou z nedaleké řeky Frasser,
- injektáž inertního oxidu uhličitého a následné vytlačení kyslíku ze skládky,
- vykopání hořícího odpadu a následné uhašení vodou a pěnou mimo skládku.

Od myšlenky urychleného spalování odpadu bylo upuštěno z důvodu obav o kvalitu ovzduší a obav z nekontrolovatelného šíření požáru. Zakrytí skládky zeminou nebylo možné z důvodu nestability hořící skládky pro vjezd těžké techniky. Použití geomembrány k zakrytí ohnisek požáru se jevílo jako nereálné z důvodu možného roztavení membrány dříve, než dojde k udušení požáru. Zaplavení hořící skládky velkým množstvím vody nebylo možné z důvodu obav o stabilitu skládky a z obav možného znečištění podzemních vod kontaminovanou vodou z hašení. Vstřikování inertního oxidu uhličitého, který by z hořící skládky postupně vytěsnil vzdušný kyslík nutný k hoření, nebylo možné, protože skládka byla příliš porézní a chybělo jí horní zakrytí, které by omezilo únik oxidu uhličitého z prostoru skládky do atmosféry. Jako reálné bylo nakonec shledáno pouze vykopání hořícího materiálu z tělesa skládky a následné uhašení pomocí vody a pěny mimo prostor skládky. [5] [22]

V první fázi byly zahrabány výkopy provedené majitelem skládky při počátečním pokusu o zamezení šíření požáru, které však působily zcela opačně a naopak požár podporovaly zlepšeným přístupem vzduchu k ohniskům hoření.



Obrázek č.14: Likvidace požáru pomocí těžké techniky na skládce Delta Shake a Shingle Abake v roce 1999. [23]

V další fázi hašení byla použita voda spolu s pěnidlem. Tím došlo k ochlazování vrchní části skládky, zamezení vzniku hustého kouře a zamezení dalšímu šíření požáru. V okamžiku, kdy bylo zamezeno povrchovému hoření skládky, byla použita těžká technika, pomocí které byl ještě hořící materiál vykopán, odvezen mimo skládku a uhašen za pomoci vody a pěny. Okolo místa, kde byl materiál dohašován, byl vykopán příkop na sběr vody použité k hašení. Voda byla následně přečerpávána do jímky a následně opět použita k hašení odpadu. Tímto se zamezilo prosakování kontaminované vody do zdrojů podzemních vod.

Na vyvlastněných pozemcích poblíž skládky byla mezitím vybudována nová dočasná skládka o ploše cca 200 x 200 metrů. Skládka byla utěsněna pomocí PVC folií, které měly zabránit úniku látek z odpadu do spodních vod a životního prostředí. Na tuto skládku byl dočasně přemístěn již uhašený odpad. Po uhašení požáru na skládce Delta Shake a Shingle Shake byl odpad dočasně uložený na vyvlastněných pozemcích opět přesunut zpět na

skládku. Odpad byl nově ukládán ve 4 m hlubokých buňkách o rozměrech 40 x 75 m. Odpad v buňkách byl důkladně zhutněn a zakryt dvěma metry inertního půdního materiálu.

Požár byl zcela zlikvidován za dva měsíce. Náklady na výstavbu, geotechnické bariéry a monitoring dočasné skládky přesáhly částku 2 400 000 kanadských dolarů. Náklady na likvidaci požáru spolu s přesuny odpadu zpět na nově vybudovanou bezpečnou skládku činily 1 600 000 kanadských dolarů. Jako příčina vzniku požáru bylo určeno samovznícení dřevěného odpadu uvnitř tělesa skládky. [21] [23]

5. Zhodnocení současných metod likvidace požárů skládek v ČR

V České Republice se z ekonomických důvodů, kdy jsou uchráněné hodnoty nulové, přistupuje vždy k metodě likvidace požáru skládek tuhých odpadů, která je nejméně nákladná, ale zároveň dostatečně účinná. V současnosti je nejpoužívanější metodou ochlazování hořícího odpadu velkým množstvím vody. Vzhledem k tomu, že skládky tuhých odpadů nebývají vybaveny hydrantovou sítí, voda se na místo zásahu dopravuje buď pomocí cisteren, nebo pomocí vysokokapacitních čerpadel z nejbližšího vodního zdroje v okolí skládky. Voda je pomocí přiměšovače obohacena o malé množství pěnidla (0,5 až 1%), které funguje jako smáčedlo a zvyšuje pronikavost vody do hloubky hořícího odpadu. Poté se voda na hořící plochu rozstříkuje pomocí výkonných proudnic s účinným dostřikem několik desítek metrů. Tato metoda má hned několik výhod:

- voda jako hasební látka je levná,
- má velký chladicí efekt – účinnost,
- smíchána se smáčedly proniká hluboko do tělesa skládky,
- relativně dostupná.

Nevýhodou metody hašení požárů skládek velkým množstvím vody jsou:

- podpora anaerobních procesů v tělese skládky,
- vytlačení methanu z tělesa skládky na povrch,
- zatížení izolace a odvodnění skládky,
- možnost kontaminace okolí skládky průsaky a stečením vody.

Podpoření biologických procesů způsobených zvýšením vlhkosti v tělese skládky a následným anaerobním rozkladem biologických látek v odpadu způsobuje zvýšení tvorby hořlavého skládkového plynu methanu. Ten může podpořit hoření odpadu a znesnadnit likvidaci požáru.

Pokud se použije příliš velké množství vody v dokonale utěsněné skládce, kde se voda nevsakuje, dochází k vytěsnění naakumulovaného hořlavého methanu na povrch skládky a tím k podpoření požáru.

V případě, že se jedná o dlouho trvající požár skládky, při kterém se intenzivně hasí vodou, mohou dosáhnout objemy vody v tělese skládky po likvidaci požáru několika

milionů litrů. Toto množství vody neúměrně zatěžuje těsnění skládky a odvodňovací drenážní systém, který není na takovéto objemy projektován. Majiteli skládky to může způsobit nemalé problémy se zanesením drenážního systému a s odčerpáním a následnou likvidací této vody, která je kontaminovaná výluhy z odpadů. Objemy jímek na výluhové vody také nejsou zpravidla projektovány na takové množství kapaliny.

V zahraničí se z těchto důvodů nedoporučuje používání velkých objemů vody k hašení požárů skládek odpadů. [5]

Opětovné použití vody, která je odčerpána ze skládky do jímky průsakových vod, se k hašení požáru skládky nedoporučuje. Voda, která projde skrz hořící odpad je kontaminována různými látkami z odpadů a poškozují požární čerpadla a hadice. [6]

V případě, kdy dojde k prohoření odpadu až na těsnicí vrstvu skládky a její porušení, hrozí kontaminace okolí skládky a podzemních vod znečištěnou hasební vodou. K takovému porušení těsnění skládky došlo například při požáru skládky Vysoká Pec. [17]

Z ekonomických důvodů se v České republice při likvidaci požáru skládek tuhých odpadů, s výjimkou požárů pneumatik, nepoužívá například pěnidlo, které po smíchání s vodou a napěnění vytvoří hustou pěnu. Pěna by na hořícím odpadu vytvořila dostatečně tlustou vrstvou a izolovala odpad od vzdušného kyslíku, který je nutný k hoření, ale náklady na likvidaci takového požáru by byly neúměrně vysoké vzhledem k ceně pěnidla a uchráněným hodnotám. Další nevýhodou pěny je její malá stálost a trvanlivost. Poločas rozpadu pěny je v rozmezí 25 až 30 minut. V praxi se proto přistupuje k metodě izolace hořícího odpadu od přístupu vzduchu zavážením zeminou. Navážení zeminy a její zhutnění je však v porovnání se zapěněním skládky podstatně zdlouhavější a také částečně snižuje předpokládanou kapacitu skládky pro ukládání odpadu.

5.1 Shrnutí poznatků

Porovnáme-li metody likvidace požárů skládek tuhých odpadů v České republice a zahraničí dojdeme k závěru, že se liší pouze v několika bodech viz. tabulka č. 7. Tyto rozdíly v metodách likvidace mají velký vliv na ekonomickou stránku likvidace požáru a také na znečištění povrchových a podzemních vod v okolí požárem zasažené skládky. V České republice se oproti zahraničí používá při likvidaci požárů skládek tuhých odpadů velké množství vody, která zůstane v lepším případě v tělese skládky. V horším případě,

kdy je těleso skládky nedostatečně těsné, dojde k jejímu úniku do okolí. Těmto rizikům by se dalo předejít snížením množství vody použité při hašení.

Tabulka č. 7: Porovnání metod likvidace požárů skládek tuhých odpadů v ČR a v zahraničí.

Metoda likvidace:	Česká republika	Kanada	USA, Velká Británie	Finsko
zaplavení ohnisek požáru velkým množstvím vody s možností použití smáčedel	ano	ne	ne	ne
zaplavení ohnisek inertním materiálem jako popílek, kaly apod.	ano	ne	ne	ano
hašení požáru pěnou	ne	ano	ano	ne
injektáž vody do tělesa skládky	ano	ne	ano	ne
injektáž pěny	ne	ano	ano	ne
rozrušení skládky pomocí účinků proudů vody na ohnisko	ano	ne	ne	ne
zkropení nebo zaplavení povrchu skládky nad ohnisky požáru a následné zhutnění pomocí těžkých mechanismů	ano	ne	ne	ne
zavezení povrchu skládky zeminou a následné zhutnění	ano	ano	ano	ano
aplikace vody do ohniska požáru	ne	ano	ano	ano
pěnová injektáž do ohniska požáru	ne	ano	ano	ne
kontrolované zrychlené spálení hořlavého materiálu	ne	ano	ne	ne
vykopání hořících částí z tělesa skládky, a následné uhašení mimo těleso skládky	ano	ano	ano	ano
injektáž inertních plynů s použitím dusíku nebo oxidu uhličitého	ne	ano	ano	ne
kryogenní metodu – injektáž tekutého dusíku	ne	ne	ano	ne

Vodou se smáčedly by mělo být zaplavováno pouze ohnisko požáru, které je v hloubce skládkového tělesa a ne celá plocha hořící skládky. Hořící plocha by měla být skropena jen takovým množstvím vody, které by zamezilo hoření a ochladilo povrch odpadu. Poté by měl následovat průzkum povrchu skládky s pomocí termokamery, při kterém by byla odhalena stále žhavá ohniska hoření. Měření termokamerou by vyžadovalo

pohled shora na skládkové těleso, aby se jednotlivá ohniska dobře lokalizovala a aby nedošlo k ohrožení života a zdraví hasičů provádějících průzkum. K tomu by se dalo využít výškové techniky jako automobilové plošiny nebo automobilového žebříku s dostatečným dosahem. Ohniska by se poté buď vykopala a uhasila mimo skládku, nebo by se uhasila zaplavením velkým množstvím vody se smáčedly. Následovalo by zavezení povrchu skládky zeminou a zhutnění.

Tímto postupem by se měla významně snížit spotřeba hasební vody, zatížení odvodňovacího systému skládky a možnost úniku kontaminované vody do okolí skládky.

6. Závěr

Metody likvidace požárů tuhých odpadů v České republice jsou stejně účinné jako metody používané v zahraničí. Rozdíly najdeme jen v šetrnosti používaných metod ke skládce jako technickému zařízení a k životnímu prostředí. V zahraničí jsou zvolené metody co nejšetrnější k životnímu prostředí a nehledí se přitom na cenu likvidace požáru z ekonomického hlediska. Ochrana povrchových a spodních vod je na prvním místě. Používá se jen nezbytné množství vody k uhašení požáru a důsledně se dbá, aby kontaminovaná voda neunikla do okolí skládky.

V České republice se požáry skládek tuhých odpadů likvidují levným a účinným způsobem, kdy se skládka doslova zaplaví co největším množstvím vody. Tato metoda je velice účinná a likvidace požáru i většího rozsahu většinou netrvá dlouhou dobu a do ovzduší neunikne tolik škodlivých látek. Stinnou stránkou této metody je nutnost odčerpání vody použité při hašení z tělesa skládky a její ekologická likvidace. Hrozí zde také překročení kapacity jímky na skládkové vody a následný únik kontaminované vody do životního prostředí. Majiteli skládky tak vznikají velké škody a hrozí vysoké pokuty za kontaminaci životního prostředí.

Z těchto důvodů je třeba minimalizovat rizika vzniku požáru skládky. Obsluha skládky by měla důsledně kontrolovat, zda se při svozu odpadu na skládku neukládají žhavé částice a doutnající popel. Ukládaný odpad by měl být průběžně zhutňován a překrýván zeminou, aby se do skládkového tělesa nedostával vzdušný kyslík a nepodporoval aerobní procesy, které jsou příčinou samovznícení skládky. Skládky by se měly projektovat bezpečné, kde hrozí minimální nebezpečí vzniku požáru, ale i skládky dokonale těsné, kde nehrozí únik skládkových vod po případné likvidaci požáru.

Literatura:

- [1] Braniš, M. (ed), Pivnička, K., Benešová, L., Pušová, R., Tonika, J., Hovorka, J. (1999) *Výkladový slovník vybraných termínů z oblasti Ochrany životního prostředí a ekologie*. Karolinum. Praha. 46 str. (ISBN 80-7184-758-5).
- [2] Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: 185/2001 Sb. 1. ledna 2002. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=3649>.
- [3] Produkce, využití a odstranění odpadu v roce 2009. Český statistický úřad [online]. 2009 [cit. 2012-03-11]. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/tz.nsf/i/produkce_vyuziti_a_odstraneni_odpadu_v_roce_2009.
- [4] *Odpad je energie [online]. 2008 [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://odpadjeenergie.cz/fakta/cr-a-evropa/skladba-komunalniho-odpadu-z-domacnosti.aspx>*
- [5] FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY UNITED STATES FIRE ADMINISTRATION NATIONAL FIRE DATA CENTER. *LANDFILL FIRES THEIR MAGNITUDE, CHARACTERISTICS, AND MITIGATION*. FA225. MAY 2002, 31 s. Dostupné z: <http://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/fa-225.pdf>
- [6] Časopis 112: Požáry skládek pevného komunálního odpadu v Jihočeském kraji. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 8. ISSN 1213- 7057.
- [7] FILIP, Jiří, František BOŽEK a Jana KOTOVICOVÁ. *Komunální odpad a skládkování*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 128 s. ISBN 80-7157-712-X.
- [8] Wikipedia: Landfill fire. *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Landfill_fire

- [9] Understanding landfill fires. *Waste Management World* [online]. 2010 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.waste-management-world.com/index/display/article-display/3111412016/articles/waste-management-world/volume-11/Issue-4/Features/Understanding-landfill-fires.html>
- [10] RŮŽIČKA, František. *Rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. ISBN 80-86111-46-6.
- [11] JANATA, Jiří, Václav HLADÍK a Jan T.KOZÁR. *POŽÁRY V ČESKÝCH ZEMÍCH*. Příbram: Professional Publishing, 2009. ISBN 978-80-86946-96-2.
- [12] BALOG, Karol. *Samovznietenie: Samozahrievanie. Vznetenie. Vzplanutie*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999. 133 s. ISBN 80-86111-45-8.
- [13] BRUMOVSKÁ, Irena. *Speciální chemie pro požární ochranu: Učební texty*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR - Hlavní správa Sboru požární ochrany, 1992. ISBN 80-9013-680-X.
- [14] Anaerobní technologie. *BIOPROFIT* [online]. 2007 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
- [15] Anaerobní konverze organických substrátů - jednotlivé fáze procesu. *BIOPROFIT* [online]. 2007 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://stary.biom.cz/publikace/bioplyn/02.html>
- [16] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ÚSTECKÉHO KRAJE ÚZEMNÍ ODBOR CHOMUTOV. *Odborné vyjádření k požáru GRG Investment a.s., závod Tušimice*. Chomutov, 2010.
- [17] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ÚSTECKÉHO KRAJE ÚZEMNÍ ODBOR CHOMUTOV. *Odborné vyjádření k požáru skládky Vysoká Pec*. Chomutov, 2011

- [18] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Skládka Vysoká Pec – Rozšíření a rekultivace skládky: ZÁVĚR ZJIŠŤOVACÍHO ŘÍZENÍ*. Praha, 2010.
- [19] Časopis 112: Toxikologie zplodin hoření pneumatik. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2007, ročník VI, č. 10. ISSN 1213- 7057.
- [20] Časopis 112: Toxikologie zplodin hoření pneumatik. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR, 2007, ročník VI, č. 10. ISSN 1213- 7057.
- [21] Delta Shake and Shingle landfill case history. *Landfill Fire Control Inc.* [online]. 2008 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z:
<http://www.landfillfire.com/Histories/histories4.html>
- [22] Fighting a Landfill Fire. *Waste 360* [online]. 2001 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z:
http://waste360.com/mag/waste_fighting_landfill_fire
- [23] EMERGENCY: Engineers help fight landfill fire in Delta. *Canadian consulting engineer* [online]. 2001 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z:
<http://www.canadianconsultingengineer.com/news/emergency-engineers-help-fight-landfill-fire-in-delta/1000107001/>
- [24] *MAPY.CZ* [online]. 2011 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz>
- [25] LINEKO s.r.o. *Rozšíření skládky Vysoká Pec* [online]. 2008 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.lineko.cz/cs/c/pehd-izolace/rozsireni-skladky-vysoka-pec.htm>
- [26] *GOOGLE MAPS* [online]. 2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z:
<http://maps.google.cz/>
- [27] *Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy zásahu: Meodický list č. 26. Požáry skládek tuhých odpadů*. Praha Ministerstvo vnitra - GŘ HZS ČR, 2004.

- [28] Fire Extinguishment Strategies. *Landfill Fire Control Inc.* [online]. 2008 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.landfillfire.com/Services/s3.html>
- [29] Fires at Solid Waste Facilities Landfill Fires Guidance Document. *CalRecycle.ca* [online]. 2010 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.calrecycle.ca.gov/SWFacilities/Fires/LFFiresGuide/default.htm>
- [30] Landfill Fire Treatment. *Landfill-fire.eu* [online]. 2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.landfill-fire.eu.com/landfill-fire-treatment.html>
- [31] ČSN 83 8032. *Skládkování odpadů - Těsněné skládek*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2002.
- [32] Příпустné expoziční limity chemických látek v pracovním prostředí. *STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV* [online]. 1.3.2008 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/pripustne-expozicni-limity-chemickych-latek-v-pracovnim-prostredi>