

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



POŽÁRY SKLÁDEK KOMUNÁLNÍCH  
ODPADŮ, JEJICH VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ  
A ZASAHUJÍCÍ JEDNOTKY POŽÁRNÍ OCHRANY

**Fires of the municipal waste landfills, their impact on the environment  
and intervention units of fire protection**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.**

**BAKALANT: Vácha Pavel**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Vácha

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

**Požáry skládek komunálních odpadů, jejich vliv na životní prostředí a zasahující jednotky požární ochrany**

Název anglicky

**Fires of the municipal waste landfills, their impact on the environment and intervention units of fire protection**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce se věnuje problematice požárů skládek komunálních odpadů. V práci jsou hodnoceny environmentální dopady se zaměřením na vznikající emise při zahoření skládky, a to jak z kvantitativního, tak kvalitativního hlediska. A to ve vztahu k životnímu prostředí a bezpečnosti osob – zasahující jednotky požární ochrany.

Dále řeší základní příčiny vzniku požárů a postup jednotek požární ochrany při zdolávání mimořádné události.

### Metodika

Teoretická část práce bude zaměřena na popis rizik vzniku zahoření na skládce komunálních odpadů, příčiny vzniku těchto událostí a likvidaci následků.

V praktické části práce se bude pomocí vybraných analyzátorů používaných u Hasičského záchranného sboru České republiky měřit koncentrace nebezpečných látek během požáru. Měřit se bude podle aktuálních podmínek na místě požáru. Následně se stanoví koncentrace nebezpečných látek a jejich rizikovost pro zasahující hasiče a životní prostředí.

## Doporučený rozsah práce

35 stran

### Klíčová slova

Požár skládek, produkty hoření, kontaminace životního prostředí, hasební látky, příčiny vzniku požáru, hygienické limity

---

### Doporučené zdroje informací

Adeolu O. Aderemi<sup>#1</sup>, Adebayo A. Otitolaju: An Assessment of Landfill Fires and Their Potential Health Effects- a Case Study of a Municipal Solid Waste Landfill in Lagos, Nigeria, Ecotoxicology Laboratory, Department of Zoology, University of Lagos, 101017, Akoka, Lagos, Nigeria  
1bodeoludunks@yahoo.com

MAREČEK, J. – BÍLÝ, J. – DVOŘÁK, P. *Zákony o životním prostředí : (komentář) : Zákon o životním prostředí, Zákon o ovzduší, Zákon o odpadech*. Praha: SEVT, 1992. ISBN 80-7049-046-2.

Nadal M, Rovira J, Díaz-Ferrero J, Schuhmacher M, Domingo JL: Human exposure to environmental pollutants after a tire landfill fire in Spain: Health risks. *Environ Int.* 2016 Dec;97:37-44. doi: 10.1016/j.envint.2016.10.016. Epub 2016 Oct 21.

Prince O. Njoku, Joshua N., Edokpayi and John O. Odiyo: Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa

RŮŽIČKA, František. *Základy požární taktiky: rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky* [online]. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1999

ŠIMEK, V. – MALČEKOVÁ, H. – ČESKO. *ZÁKON O ODPADECH (2001, NOVELA 2013). Průvodce odpadovým hospodářstvím : praktická příručka*. Praha: Linde Praha, 2014. ISBN 978-80-7201-905-2.

---

### Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FŽP

### Vedoucí práce

Ing. Tereza Hnátková, Ph.D.

### Garantující pracoviště

Katedra aplikované ekologie

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2020

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 2. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 06. 2020

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma: Požáry skládek komunálních odpadů, jejich vliv na životní prostředí a zasahující jednotky požární ochrany vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou, a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne .....

.....

(podpis autora práce)

## Poděkování

Na tomto místě bych chtěl nejprve poděkovat mé vedoucí práce Ing. Tereze Hnátkové, Ph.D. za rady, cenné připomínky, pomoc a hlavně trpělivost při zpracování a vedení této práce. Nejvíce bych chtěl poděkovat mé manželce a dceři za jejich podporu a trpělivost. Dále také Hasičskému záchrannému sboru Ústeckého kraje a mým přátelům za poskytnutí informací důležitých pro zpracování této práce.

## ANOTACE

Bakalářská práce se věnuje problematice požárů skládek komunálních odpadů. V práci jsou hodnoceny environmentální dopady se zaměřením na vznikající emise při zahoření skládky, a to jak z kvantitativního, tak kvalitativního hlediska. A to ve vztahu k životnímu prostředí a bezpečnosti osob – zasahující jednotky požární ochrany.

Dále řeší základní příčiny vzniku požárů a postup jednotek požární ochrany při zdolávání mimořádné události.

## METODIKA

Teoretická část práce bude zaměřena na popis rizik vzniku zahoření na skládce komunálních odpadů, příčiny vzniku těchto událostí a likvidaci následků.

V praktické části práce se bude pomocí vybraných analyzátorů používaných u Hasičského záchranného sboru České republiky měřit koncentrace nebezpečných látek během požáru. Měřit se bude podle aktuálních podmínek na místě požáru. Následně se stanoví koncentrace nebezpečných látek a jejich rizikovost pro zasahující hasiče a životní prostředí.

## ABSTRAKT

Pokud zahoří skládka komunálního odpadu, většinou se jedná o velký, komplikovaný a poměrně medializovaný zásah s velkým počtem jednotek požární ochrany. Charakteristickým znakem je velký vývin toxického kouře. Cílem práce je proto zhodnotit environmentální dopady požárů skládek komunálních odpadů u nás i ve světě. Odpad na skládce je nehomogenní hořlavá směs, která vzhledem k vysokému zastoupení papíru, plastu, textilu a dalších hořlavých látek potřebuje k samovolnému hoření přístup okysličovadla a zdroj zapálení. Tyto látky jsou odpovědné za velké množství nebezpečných a toxických látek.

Environmentální dopady a šíření nebezpečných chemických látek do životního prostředí bylo sledováno u reálných velkých požárů skládek. Dále bylo sledováno použití hasebních prostředků na šíření produktů hoření v hasební vodě do vodních zdrojů. U jednoho vybraného požáru byla sledována pomocí běžných detektorů používaných u Hasičského záchranného sboru České republiky kontaminace zplodin požáru v ovzduší.

Tato měření byla provedena na několika místech v okolí požáru. Vzhledem k ideálním rozptylovým podmínkám nebylo naměřeno významné množství nebezpečných koncentrací. Proto nehrozilo bezprostřední ohrožení blízkých obyvatel. Vzhledem k velkým koncentracím přímo u ohniska nebylo možné s běžně používanými detektory pracovat z důvodu jejich zničení. Pro tato měření je primárně určen přístroj GDA2, který dokáže tyto koncentrace naředit. Ten bohužel nebyl k dispozici. Vzhledem k tomuto zjištění a způsobu měření by bylo vhodné, aby informace o šíření zplodin z požáru do okolí řešil orgán ochrany zdraví, jako například Česká inspekce životního prostředí, a ta si zajistila potřebné detektory a způsoby měření, jelikož HZS není schopný personálně a hlavně ani materiálně tuto informovanost korektně zabezpečit.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Požár skládek, produkty hoření, kontaminace životního prostředí, hasební látky, příčiny vzniku požáru, hygienické limity

## ABSTRACT

If a municipal waste dump burns down, it is usually a large, complicated and relatively publicized intervention with a large number of fire protection units. A characteristic feature is the large development of toxic smoke. The aim of the thesis is therefore to evaluate the environmental impacts of fires of municipal waste dumps in the Czech Republic and abroad. Landfill waste is an inhomogeneous combustible mixture that, due to the high proportion of paper, plastic, textiles and other flammable substances, needs oxidizer access and a source of ignition to spontaneously burn. These substances are responsible for a large number of hazardous and toxic substances.

Environmental impacts and the spread of hazardous chemicals into the environment were monitored in real large-scale landfill fires. Furthermore, the use of extinguishing agents for the spread of combustion products in extinguishing water into water sources was monitored. In one selected fire, contamination of the combustion products in the atmosphere was monitored using common detectors used by the Fire Rescue Service of the Czech Republic.

These measurements were performed at several locations around the fire. Due to the no significant amount was measured for ideal scattering conditions dangerous concentrations. Therefore, there was no immediate threat to nearby residents. Due to the large concentrations directly at the outbreak, it was not possible with normal used detectors to work due to their destruction. For these measurements it is primarily GDA2 instrument is designed to be able to dilute these concentrations. Unfortunately, he was not available. In view of this finding and the method of measurement, it would be appropriate to information on the spread of fumes from the fire to the environment was handled by a health authority, such as The Czech Environmental Inspectorate, which has secured the necessary detectors and methods measurement, as HZS is not capable of personnel and especially not even materiály ensure awareness correctly.

## KEYWORDS

Landfill fire, combustion products, environmental contamination, extinguishing agents, causes of fire, hygienic limits



## OBSAH

1	Úvod.....	1
2	Legislativa České republiky.....	2
2.1	Zákon o odpadech .....	2
3	Složení komunálního odpadu.....	3
4	Protipožární opatření skládek odpadů.....	5
5	Požáry skládek odpadů .....	9
5.1	Hlavní příčiny vzniku požáru .....	10
5.1.1	Nedbalost .....	11
5.1.2	Samovznícení .....	11
5.1.3	Žhavé částice v odpadu .....	12
5.1.4	Úmyslně založený požár .....	12
5.2	Druhy požárů skládek.....	12
5.2.1	Povrchový .....	13
5.2.2	Podzemní.....	13
6	Zplodiny vznikající při hoření .....	15
6.1	Oxid uhelnatý .....	18
6.2	Oxid siřičitý .....	18
6.3	Kyanovodík .....	19
6.4	Amoniak .....	19
6.5	Benzen .....	20
6.6	Chlorovodík.....	20
6.7	Dioxiny .....	21
6.8	Polycyklické aromatické uhlovodíky .....	21
7	Šíření zplodin hoření do životního prostředí .....	23
7.1	Ovzduší.....	23
7.2	Voda .....	25
7.3	Půda .....	29
8	Postup JPO při likvidaci požárů skládek .....	32
9	Detekční prostředky HZS .....	34
9.1	GDA2 .....	34
9.1.1	Princip detekce GDA2 .....	34
9.1.2	Popis detektoru.....	36
9.2	GasAlertMikro 5.....	37

9.2.1	Princip detekce GasAlertMikro 5.....	37
9.2.2	Popis detektoru.....	39
10	Praktické měření úniku látek při požáru skládky.....	40
10.1	Popis skládky.....	40
10.2	Průběh požáru.....	40
10.3	Měření škodlivin v ovzduší .....	41
11	Diskuse.....	44
12	Závěr .....	48
13	Přehled literatury a použitých zdrojů.....	50
14	Přílohy.....	56

# 1 ÚVOD

Mezi největší požáry jak rozlohou, tak i množstvím hořícího materiálu patří požáry skládek komunálních odpadů, kterých v posledních letech stále přibývá. Ať už je příčina jakákoli, vždy k tomuto druhu požáru patří obrovský vývin kouře stoupající z ohniska požáru viditelný z dalekého okolí. Tyto požáry jsou dále charakteristické délkou zásahu, počtem sil a prostředků jednotek požární ochrany. Zejména množstvím použité vody potřebné pro uhašení plamenného hoření. Zplodiny hoření patří mezi významné polutanty, které znečišťují životní prostředí. Tyto toxické látky působí na člověka, zvláště na zasahující hasiče, ale také na životní prostředí. Při výkonu služby hasiči nespočetně zasahují u velkých i menších požárů skládek odpadů, ať už legálních či nelegálních. Během těchto velkých požárů dochází také k měření koncentrací nebezpečných látek.

Cílem práce je zhodnocení environmentálních rizik požárů skládek, jejich celkový dopad a přiblížení problematiky zplodin hoření. Jaké látky produkují požáry skládek odpadů, jak moc jsou tyto látky nebezpečné pro okolní prostředí, a jak se tyto látky šíří do životního prostředí. Řeší také složení skládek komunálních odpadů a protipožární zabezpečení, tedy co dělají provozovatelé skládek, aby předešli vzniku požáru, a co jim ukládá zákon.

Další část práce se zabývá již samotnými požáry, základními příčinami jejich vzniku. Řeší také dva základní typy požárů skládek (povrchový a podpovrchový) a možné šíření zplodin požáru do životního prostředí. Dále jsou zde popsány některé měřené nebezpečné látky vznikající při hoření a postup při likvidaci požáru skládky jednotkami požární ochrany.

Praktická část je věnována popisu vybraných detekčních prostředků používaných pro měření koncentrací nebezpečných látek u Hasičského záchranného sboru Ústeckého kraje (HZS). A samozřejmě také samotným výsledkům z praktického měření koncentrací nebezpečných látek při požáru skládky.

## 2 LEGISLATIVA ČESKÉ REPUBLIKY

Legislativa je velice významnou součástí odpadového hospodářství, od které se odvíjí umístění skládky komunálního odpadu, množství uloženého odpadu a samozřejmě její technické zabezpečení.

### 2.1 Zákon o odpadech

Pro pochopení řešené problematiky je důležité si také ujasnit co je komunální odpad dle zákona o odpadech, a jak je řešeno skládkování z pohledu zákona. Vše podstatné řeší zákon č. 223/2015 Sb. o odpadech.

Samotný odpad je dle zákona každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se ji zbavit. Komunální odpad (KO) je dále definován zákonem jako „veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání“. (Zákon 223/2015 Sb.)

Zákon také vymezuje, že skládka je zařízení zřízené v souladu se stavebním zákonem a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích. Skládka odpadů je v podstatě technické zařízení určené k odstraňování odpadů jejich trvalým a řízeným uložením na zemi nebo do země. (Zákon 223/2015 Sb.)

První fáze provozu řeší ukládání odpadů na skládku. Druhá fáze se zabývá využíváním odpadů při uzavírání a rekultivaci skládky. Třetí fáze provozu skládky řeší nakládání s odpady pro účel zajištění následné péče o skládky po jejím uzavření. Pro jednotlivé etapy je nutné mít platné rozhodnutí příslušného krajského úřadu a schválený provozní řád.

Provozovatel skládky je povinen si sjednat pojištění odpovědnosti za škodu na životním prostředí a zdraví lidí, která je způsobena provozem skládky během její první fáze provozu dle § 48a zákona o odpadech. Dalšími možnostmi, jak finančně zajistit pokrytí škod v první fázi provozu skládky je uložení částky na zvláštní účet nebo prostřednictvím bankovní záruky. Poslední dvě možnosti finančního zajištění jsou možné pouze na základě znaleckého posudku.

### 3 SLOŽENÍ KOMUNÁLNÍHO ODPADU

Metoda skládkování jako konečná likvidace KO je stále velmi používaná hlavně z ekonomických důvodů ve většině zemí světa. Množství vyprodukovaného odpadu po celé planetě roste a níže (Tabulka 1) je vypsáno jako příklad několik zemí Evropské unie a jejich podíl vyprodukovaného odpadu na obyvatele a podíl likvidace na skládkách odpadu. (Vaverkova 2019)

Země	Produkce kg/obyv	Podíl skládkování	Země	Produkce kg/obyv	Podíl skládkování
Dánsko	777	1%	Německo	626	1%
Rakousko	564	3%	Finsko	504	3%
Švédsko	443	1%	Belgie	420	1%
Slovensko	348	66%	Rumunsko	261	80%
Malta	647	92%	Řecko	497	82%
Španělsko	443	57%	Polsko	307	37%

*Tabulka 1: Produkce odpadu a poměr skládkování (Evropský parlament waste 2018)*

V České republice bylo podle souhrnné zprávy ministerstva životního prostředí v roce 2018 vyprodukováno 5,8 mil. tun komunálního odpadu (KO). Z toho bylo materiálově využito 39 % a energicky 12 % odpadu. Na skládkách bylo uloženo, a tedy odstraněno bez dalšího využití 46 % veškerého komunálního odpadu. (MŽP 2018).

Podstatnou složkou KO je směsný komunální odpad (SKO), který dle výkazů obcí do systému EKO-KOM v roce 2018 činil 2,1 mil. tun. Analýza skladby směsného komunálního odpadu je na území ČR prováděna periodicky každé dva roky. Následující data (Tabulka 2) ukazují zjištěnou průměrnou skladbu směsného komunálního odpadu v procentech a tunách.

Látková skupina	V. PRŮMĚR (% hm.)	MEDIÁN (% hm.)	SM. ODCH (% hm.)	VÝSKYT (tis. t)
Papír	8,7	7,3	3,5	181
Plasty	10,1	10,0	2,9	210
Sklo	4,0	3,8	2,2	83
Kovy	2,5	2,3	1,1	52
Textil	2,1	1,5	1,8	43
Minerální odpad	1,7	1,1	1,9	36
Nebezpečný odpad	0,3	0,2	0,3	6
Elektroodpad	0,6	0,4	1,1	13
Bioodpad	25,6	25,4	9,4	532

Spalitený odpad	24,1	23,6	7,0	501
Frakce (< 40mm)	20,4	18,0	10,9	424
Celkem	100,0	100,0	0,0	2 079

*Tabulka 2: Průměrná hmotnostní skladba domovního SKO (Ekokom a.s. 2019)*

Komunální odpad, který se ukládá na skládky, obsahuje také určité množství nebezpečných odpadů. Zejména zbytky od kyselin, rozpouštědel a jiných nebezpečných látek. Dále to mohou být baterie do mobilních telefonů, akumulátory, stará elektrická zařízení, zářivky a jiné odpady obsahující rtuť a jiné nebezpečné látky. Ty mohou být příčinou požáru, jako se tomu stalo při požáru na skládce elektroodpadu v Sedlčanech. (HZS 2019) (Filip et al 2003) Bližší a podrobnější statistika s příčinami požáru z důvodu, že se požáry skládek odpadů většinou obejdou bez škody, neexistuje.

## 4 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ SKLÁDEK ODPADŮ

Protipožární opatření mohou nejen zmenšit případné škody na majetku, ale hlavně snížit zdravotní a ekologická rizika spojená s požárem skládky. Náklady na prevenci jsou zpravidla menší než náklady na samotné hašení velkého požáru. V mnoha případech jsou činnosti předcházení požárům nařizeny zákonem. (Slaughter et al 2002) Z požárního hlediska je komunální odpad nehomogenní hořlavá směs, která vzhledem k vysokému zastoupení papíru, plastu, textilu a dalších hořlavých látek potřebuje k samovolnému hoření přístup okysličovadla a zdroj zapálení. Z těchto důvodů je nutné protipožární opatření dodržovat a držet se jich po celou dobu existence skládky. (Filip et al 2003)

Jedním z protipožárních opatření je kontrola a sběr skládkového plynu, který vzniká anaerobním rozkladem organické hmoty, tedy biologicky rozložitelného materiálu působením acidogenních a metanogenních bakterií. Je to bezbarvý plyn, jehož složení závisí především na druhu materiálu uloženého na skládce. Obvykle je tvořeno od 50 % do 64 %  $\text{CH}_4$ , 28 % - 38 %  $\text{CO}_2$ , nejvýše 5%  $\text{N}_2$  a menší množství dalších látek. (Robertson, Dunbar 2005)

### **Tvorba bioplynu probíhá ve čtyřech fázích**

- Hydrolýza
- Acidogeneze
- Acetogeneze
- Metanogeneze

Tento plyn je ve směsi se vzduchem výbušný. Mez výbušnosti je oblast koncentrací směsi plynu, páry nebo prachu se vzduchem, při které směs vybuchuje. U metanu je to rozmezí mezi 5,3 – 13,9 % objemových. (Růžička 1999)

Z minulosti jsou například známy případy výbuchu skládkového plynu v objektech mimo samotné těleso skládky. Takže pokud není plyn čerpán a následně využíván, může za určitých podmínek unikat všemi směry, a to i do velkých vzdáleností. Jeden takový případ se stal v roce 1986 v anglickém hrabství Derbyshire. Kvůli nízkému tlaku si plyn našel cestu do sklepních prostor blízkých budov, naakumuloval se a následná iniciace způsobila výbuch s následným požárem, při

kterém se zranily tři osoby. Následně bylo prováděno měření, kde byl zjištěn vývin metanu 45 – 70 m<sup>3</sup> za hodinu. (AvadaEnviromental 2019)

V současné době jsou v ČR požadavky na odplyňovací systémy skládek řešeny normou ČSN 83 8034 Skládkování odpadů – Odplynění skládek. V případě biologických procesů na skládkách odpadu je nutné posoudit vznik výbušné atmosféry a přijmout patřičná opatření. (Cáb, Šeděnková 2018) Zařízení pro odplynění je zpravidla zakončeno technologií pro likvidaci skládkových plynů. To je tvořeno zásobníkem na skládkový plyn a kogenerační jednotkou. Ta vyrábí elektrickou energii a odpadním teplem se podílí na vytápění objektů v areálu skládky. (Horálek, Šimeček 2008)

Dalším protipožárním opatřením je kontrola sváženého odpadu. Podle provozních řádů by každé vozidlo vjíždějící na skládku mělo být zkontrolováno obsluhou. Ta se má přesvědčit o druhu materiálu, protože při skládkování dochází k promíchávání různých materiálů, a tím nastává možnost nepředvídatelné reakce. Důležité je tedy také dodržovat i technologický postup zhutňování materiálu a prokládání inertním materiálem. (Horálek, Šimeček 2008)

Jako nejčastější prevence proti vzniku požáru se provádí hutnění odpadu speciálními stroji – kompaktory a následné zavezení inertní vrstvou pro zabránění přístupu vzduchu, a tím znemožnění hoření. Přístup vzduchu do struktury skládky má rozhodující vliv na chemické a biologické procesy, a tím pádem i na možný vznik požáru. (Moqbel 2009) Maximální mocnost zhutněné vrstvy bez překrytí krycím materiálem je 2 m. Doporučená mocnost je ovšem dle integrovaného povolení 0,3 až 0,5 m zhutněného materiálu. Minimální mocnost krycího materiálu by dle podkladů k provozu skládky měla být 0,2 m. (KÚ ÚK 2007)

Jeden z nástrojů při zjišťování požáru na skládce je termokamerový systém. Tento systém detekce povrchových teplot s názvem TCamBase je schopen 24 hodin denně sledovat prostor skládky, detekuje překročení kritických teplot a určuje polohu potenciálně nebezpečných míst (Obrázek č. 1). Systém vyhledává a vyhodnocuje teplotní extrémy na povrchu skládky a v případě nebezpečí požáru vyvolá poplach. Obraz pořizují klasické vizuální kamery doplněné o kamery termovizní, které jsou instalovány na měřicím místě. Vyhlášení poplachu je přenášeno přímo na operační



středisko hasičského záchranného sboru. Pomocí tohoto systému je možné začínající požár včas odhalit a bez větších následných škod uhasit. (Enelex 2009)



Obrázek 1: Termokamerový systém firmy Enelex (Enelex 2019)

Sledování vnitřní teploty skládky (Tabulka 3) je dalším velmi užitečným nástrojem pro sledování rizika vzniku požáru. Pomocí vrtných souprav lze vyvrtat jamky a pomocí nich následně měřit teplotu v tělese skládky. Neměly by se používat soupravy na bázi vzduchových rotačních vrtáků, které by mohly požár urychlit, spustit aerobní procesy nebo dokonce naředit skládkový plyn do mezí výbušnosti. Tabulka č.3 uvádí možný vztah mezi teplotou a procesem skládkování. (Greedy 2010)

Teplota	Proces skládkování
< 55 °C	Normální teplota skládky
55 – 60 °C	Zvýšená biologická aktivita
60 – 70 °C	Abnormálně zvýšená biologická aktivita
> 70 °C	Pravděpodobnost budoucího požáru

Tabulka 3: Vztah mezi teplotou a procesy ve skládce (Greedy 2010)

Provozovatelé skládek by podle mnoha odborníků měli být povinni poskytovat a udržovat požární vybavení, protože během provozu jsou vždy přítomna potenciální rizika vzniku požáru a pokračují i po uzavření zařízení z důvodu tvorby hořlavých plynů v tělese skládky. (Morales et al 2017)

## 5 POŽÁRY SKLÁDEK ODPADŮ

Požáry skládek tuhých odpadů jsou charakteristické skrytými cestami šíření požáru a obtížně přístupnými ohnisky pod povrchem, nedokonalým hořením, vznikem toxických produktů hoření a silným vývinem kouře. (MV GŘ HZSČR 2004)

Dále je to použití velkého množství hasiva a velký počet nasazených jednotek požární ochrany, při prakticky nulové uchráněné hodnotě. Při požáru skládky CELIO na Mostecku v roce 2017 (Obrázek 2) bylo během čtyř dnů nasazeno 58 jednotek hasičů, 117 cisternových automobilových stříkaček a dalších hasičských vozů, které byly stále nastartovány a přivázely vodu ze vzdálenosti až 5 km, celkem bylo použito téměř 13 milionů litrů vody z vodovodního řádu a jezera Most. (HZS ČR 2017)



*Obrázek 2: Požár skládky Celio 2017 (HZS Michal Hrdlička 2017)*

Počty požárů v oblasti nakládání s odpady tvoří značnou část celkového počtu požárů na území České republiky, kterých bylo v roce 2018 evidováno přes 20 tisíc. Z toho bylo na samotných skládkách ohlášeno 1 238 požárů. Za loňský rok 2019 hasiči evidují celkem 528 požárů řízených legálních skládek, na nelegální připadá 711 událostí. Z vývoje mezi lety 2014 až 2018 vyplývá, že v roce 2018 hořelo skládek nejvíce, v průměru o 30 % více než v předchozích letech. V roce 2017 hořelo 342 skládek, v roce 2018 již 530. Na vině je i horko a extrémní sucho, za takových podmínek je vznícení skládek mnohem snadnější a pravděpodobnější. (Herkele 2019)

Tyto požáry jsou ekonomicky velmi náročné a reálné škody pro provozovatele jsou často nulové nebo minimální. Právě opačně po vyhoření skládky vzniká nový prostor pro další odpad. Náklady na výjezd jedné jednotky (technika + čtyři nebo šest hasičů) jsou stanoveny cenou techniky – tzv. motohodina v Kč/hod, cenou pohonných hmot potřebných k dojezdu k události a odjezdu od události udávaných v Kč/km a v neposlední řadě hodinovou sazbou za nasazení jednoho příslušníka HZS. (HZS ČR 2006)

Z těchto údajů od Generálního ředitelství HZS můžeme vypočítat průměrnou cenu za hodinu jednoho zásahu při použití cisternové automobilové stříkačky a šesti příslušníků HZS. V ceně není započítána voda a další prostředky nutné pro uhašení požáru.

	<b>Cena za hodinu</b>	<b>Cena za den</b>
<b>Cisternová automobilová stříkačka</b>	2100 Kč	50 400 Kč
<b>Cena práce 6 příslušníků HZS</b>	1 680 Kč	40 320 Kč
<b>Cena za jednotku celkem</b>	2 780Kč	90 720 Kč

*Tabulka 4: Výpočet ceny za zásah JPO (HZS ČR 2006)*

Pokud tyto hodnoty vynásobíme počtem profesionálních jednotek, které byly na místě požáru skládky Celio tři dny, dostaneme částku přesahující 4 miliony korun. A to jen za profesionální jednotky. Když k tomu ještě připočteme hodnotu vody a dalších hasebních prostředků, které byly spotřebovány, tak se dostáváme do opravdu vysokých čísel při prakticky nulové uchráněné hodnotě. Nepočítáme-li samozřejmě dopad na životní prostředí. Zejména na prokázané znečištění vodních toků hasební vodou ze skládky. (Povodí Ohře 2017)

## 5.1 Hlavní příčiny vzniku požáru

Z hlediska zjišťování příčin vzniku požárů jsou požáry skládek ve většině případů nedošetřovány v souladu s Pokynem generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR a náměstka ministra vnitra č. 9/2003, kterým se stanoví jednotný postup příslušníků HZS ČR při zjišťování příčin vzniku požárů, kdy vzniklá škoda je nulová a uchráněné hodnoty jsou nulové také. Příčiny vzniku šetřených požárů ale můžeme rozdělit do několika skupin. (Ivácková 2019)

### 5.1.1 *Nedbalost*

Na skládce je možné nalézt materiály, které je možné dále využít. Například kabely, různé elektronické součástky s obsahem drahých kovů, nelze tudíž vyloučit vznik požáru od vypalování kabelů osobami, které se snaží tyto materiály dále využít. (Horálek, Šimeček 2008)

Další nedbalostní příčinou vzniku požáru je kouření – odhození nedopalku cigarety. V případě legální řízené skládky je tato varianta vymezena na zaměstnance skládky, a na osoby, které odpad na skládku přiváží. Jedná se o vážné porušení bezpečnostních předpisů, a proto by do prostoru skládky neměl být povolen vstup nepoučených osob. (Sperling, Henderson 2001)

### 5.1.2 *Samovznícení*

Komunální odpad obsahuje značné množství různorodých látek. Tyto látky mohou ovlivnit průběh požáru, a také způsobit samovznícení komunálního odpadu. Vznik samovznícení tedy závisí na materiálu a podmínkách, v kterých se nachází. Teplota samovznícení je nejnižší teplota, při které v látce začínají bez vnějšího přívodu tepla exotermické procesy. (Filip et al 2003)

Tyto procesy probíhající v prostorách skládky je možné označit ve většině případů jako anaerobní, tedy biologický proces rozkladu organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Teplo vznikající při těchto procesech není možné v dostatečné míře odvádět do okolí a při dosažení určité teploty dojde ke vznícení nahromaděného materiálu a následnému hoření. (Horálek, Šimeček 2008) (Manjunatha 2019)

#### **Samovznícení dělíme na tři skupiny**

- **Chemické** – exotermické reakce, které mohou nastat při styku některých chemických látek. Nejčastějším původcem chemického samovznícení je zahuštěný olej nebo směs s jinými vysychavými oleji, který je nasáklý na bavlněných kusech látky. (Shafizadeh, Bradbury 1979) (Balog 1999)
- **Fyzikální** – V případě fyzikálního samovznícení se jedná například o adsorpci plynů a par za přítomnosti nějakého katalyzátoru, či zvýšené teploty prostředí. Patří sem i samovznícení tepelné, kdy na hořlavý

materiál působí zvýšené teploty okolního prostředí. Na tento druh samovznícení jsou náchylné zejména vláknité organické materiály. (Balog 1999)

- **Biologické** – Biologické samovznícení je vyvoláno teplem, které vzniká při činnosti mikroorganismů v materiálu a fyziologickými pochody. Podmínkou je nerovnoměrné rozložení vlhkosti v organické hmotě. Zvyšující teplota se šplhá až k 75 °C, ta je dostačující pro rozpad jednoduchých látek, ve kterých vzniká uhlík, ten dále oxiduje za vzniku dalšího tepla. Do skupiny patří samovznícení rostlinných materiálů a biopaliv. (Balog 1999)

### 5.1.3 *Žhavé částice v odpadu*

Nejčastější příčinou zahoření na skládce je právě žhavý popel v komunálním odpadu. Žhavé částice jsou nejpravděpodobnější v odpadu z domácností v menších obcích, kdy je možný výskyt žhavých a doutnajících materiálů například z kotlů a kamen na tuhá paliva. (Ivácková 2019) Tyto materiály se smísí s ostatním odpadem a jsou dopraveny až na skládku. Zde po vysypání a za přístupu vzduchu může dojít ke vzniku požáru. (Slaughter et al 2002)

### 5.1.4 *Úmyslně založený požár*

Tato příčina požáru nejde nikdy úplně vyloučit tak jako při každém jiném požáru. Proti tomu se provozovatelé mohou bránit kamerovým systémem či vysokým plotem, který zamezí přístupu nepovolaných osob. Ochrana prostoru skládky je mimo jiné jedna z podmínek pro zahájení provozu, tyto podmínky jsou obsaženy v integrovaném povolení. (KÚ ÚK 2007)

## 5.2 Druhy požárů skládek

Požáry skládek se dají rozdělit na povrchové a podpovrchové. Každý z nich má svá nebezpečí. Největší nebezpečí povrchového požáru je environmentální dopad na životní prostředí z důvodu vývinu velkého množství toxických plynů a par. U podpovrchového požáru je velkým nebezpečím to, že je těžce odhalitelný, a může uvnitř skládky vytvářet vyhořelé prostory, kterými se mohou zasahující jednotky hasičů nebo personál skládky propadnout.

### 5.2.1 *Povrchový*

Povrchové požáry skládek zahrnují nedávno zakopané nebo nekompaktní odpadky umístěné na povrchu skládky nebo v její blízkosti v aerobní dekompoziční vrstvě. Tato vrstva nebyla zhutněna a překryta inertní vrstvou. Tyto požáry mohou být zesíleny skládkovým plynem – metanem. Povrchové požáry se vyznačují emisemi hustého kouře a produkty neúplného spalování. (Slaughter et al 2002)

Tyto požáry jsou dále velmi ovlivňovány meteorologickými jevy, např. větrem a mohou vzniknout prakticky všemi příčinami požárů. Cesta a směr šíření požáru je ovlivněn hlavně místem vzniku, tzn., jestli došlo k zahoření na rovinaté části skládky nebo ve svahu. Pokud na svahu, tak se požár šíří po povrchu směrem vzhůru. (Horálek, Šimeček 2008)

### 5.2.2 *Podzemní*

Podzemní nebo také vnitřní požáry na skládkách komunálního odpadu se vyskytují pod povrchem. Pokud se jedná o hloubku 2 a více metrů, tak se jedná o materiály, které jsou staré měsíce či roky, a je tedy předpoklad, že navezený materiál je na tělese skládky již delší dobu a byl zhutněn. V tomto případě by mohlo dojít ke vzniku požáru pouze vlivem samovznícení uložených materiálů. Podzemní požár ale může také probíhat i v relativně malé hloubce, která ještě nebyla zahrnuta inertní vrstvou a příčiny vzniku těchto požárů mohou být například žhavý popel nebo nedopalek cigarety. (Horálek, Šimeček 2008)

Podzemní požáry mají tendenci doutnat a žhnout i několik týdnů a měsíců, což vede k nárůstu teploty a následnému vývinu většího množství zplodin hoření. Zejména oxid uhelnatý (CO) a další látky nedokonalého hoření jako jsou dioxiny a furany. Tyto požáry je obecně obtížnější uhasit a mohou vážně poškodit zařízení a systém sběru skládkového plynu. (Bates 2004)

Jelikož jsou podzemní požáry často detekovány pouze kouřem vycházejícím z dané části skládky nebo přítomností oxidu uhelnatého ve skládkovém plynu, tak je například ve Velké Británii přítomnost hodnoty větší, než 1000 ppm oxidu uhelnatého považováno za probíhající podzemní požár. (Copping et al 2007)

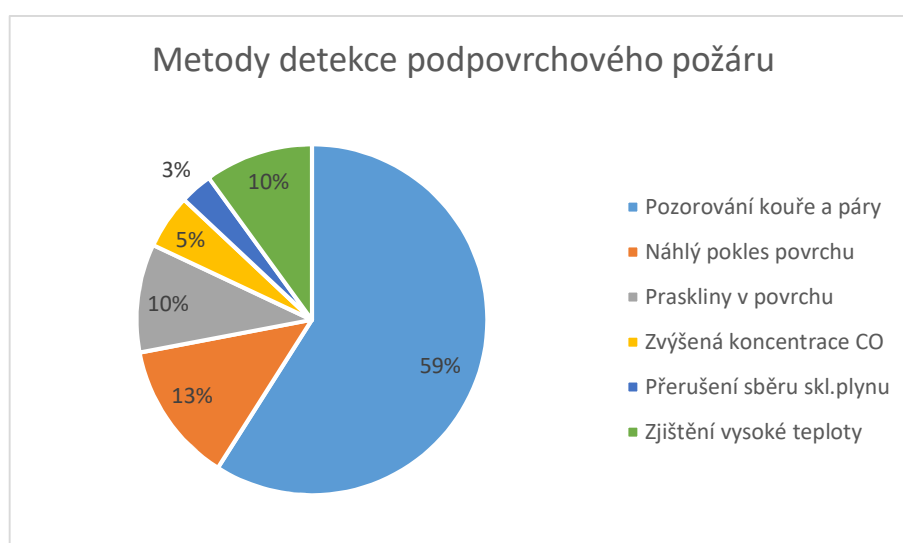
Následující hodnoty (Tabulka 5) ukazují, že sledování složení plynu je velmi užitečná informace o možném probíhající podzemním požáru. Parametry měření musí zahrnovat mimo koncentrace CO také CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S. (Greedy 2010)

Koncentrace CO (ppm)	Riziko požáru
0 – 25	Žádná indikace
25 – 100	Zvýšené riziko
100 - 500	Potenciální zdroj požáru
500 – 1 000	Pravděpodobný požár nebo jiná exotermická reakce
➤ 1 000	Probíhající požár

Tabulka 5: Vztah mezi koncentrací CO a rizikem požáru (Greedy 2010)

Přítomnost O<sub>2</sub> v koncentracích větších než 1 % naznačuje, že bariéry, které brání přístupu kyslíku jako je hutnění a překrytí inertním materiálem nefungují a je nutné použít další vrstvu tohoto materiálu a následného hutnění. Další sledovaná koncentrace je koncentrace CH<sub>4</sub>. Naměřením tohoto plynu v koncentracích přesahující 40 % je pozitivním ukazatelem toho, že přístup kyslíku do vnitřního tělesa skládky byl eliminován a biologický režim v tělese skládky probíhá za běžného režimu a probíhají anaerobní procesy, které nejsou z požárního hlediska nebezpečné. (Greedy 2010)

Ve spojených státech proběhl průzkum několika provozovatelů skládek, jakým způsobem detekovali podzemní požár (Obrázek č. 3). Data z těchto výzkumů následně sloužila jako podklad pro nový systém kontroly v protipožárních zabezpečeníh. (Moqbel 2009)



Obrázek 3: Metody detekce podpovrchového požáru (Moqbel 2009)



## 6 ZPLODINY VZNIKAJÍCÍ PŘI HOŘENÍ

Hoření je fyzikálně chemická reakce, takže všechny materiály procházejí při hoření chemickými změnami a dochází tedy k jejich změnám a nikoli k jejich zničení. (Lukeš 2005) Produkty hoření lze rozdělit na plynné, kapalné a pevné. Ty se uvolňují na základě dokonalého a nedokonalého hoření. (Brumovská 2008)

Při požáru skládky se uvolňuje enormní množství toxických plynů a dalších chemických látek. Druh a množství zplodin hoření závisí na mnoha faktorech, zejména na chemickém složení spalované látky, podmínkách přístupu vzduchu, typu hoření a teplotě. Při teplotách do 300–400 °C se objevuje relativně málo produktů hoření a jejich koncentrace je poměrně nízká. Při rozsahu teplot od 400 °C do 700 °C se zplodiny hoření vyznačují bohatou směsí produktů o vysokých koncentracích. V případě teplot nad 700 °C počet a množství produktů opět klesá. (Masařík 2003) Dá se tedy říci, že při doutnajícím požáru, který probíhá za nepřístupu vzduchu, vzniká více emisí. Hlavně produktů nedokonalého hoření. (Sperling, Henderson 2001)

Rozmanitost látek zahrnuje organické polutanty, polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs), polychlorované bifenylly (PCBs), polychlorované dibenzofurany (PCDF), polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD). (Nammari et al 2004) Polymery jako je například polyetylen nebo polypropylen produkují značné množství toluenu, benzenu, styrenu a detekované množství fosgenu. (Morales et al 2017)

V případě hoření polymerů obsahující dusík se v produktech hoření objevuje ještě kyanovodík. U halogenovaných polymerů je nejčastější chlorovodík (HCL) a fluorovodík (HF). Při plamenném hoření plastů, kterých je na SKO velké množství, jsou ve zplodinách vždy přítomny oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), oxid uhelnatý (CO), vodní pára a kyslík. V případě požáru 1 kg čistého polyvinylchloridu (PVC) vzniká přibližně 380 až 400 litrů plynného chlorovodíku. Největším problémem je, že v případě požáru skládek komunálních odpadů nelze nikdy přesně definovat, jaký materiál, a v jakém množství hoří. (Masařík 2003)

Plyny a páry obsažené v kouři se šíří do ovzduší. Kouř je velice dynamický a nestabilní systém, který se mění kontinuálně v průběhu celého požáru. (Balog, Zapletalová – Bartlová 1998) Pomocí proudění vzduchu a tepla na požářišti jsou unášeny i malé částičky a saze, které fungují také jako nosiči dalších nebezpečných

látek. To, jak hluboko se taková částice dostane do nechráněných plic, a jaké bude mít účinky na organismus, závisí na velikosti dané částice. (Lukeš 2005)

Částice větší než 10  $\mu\text{m}$  se zachytí na chloupkách v nose a nezpůsobují další větší potíže. Částice menší než 10  $\mu\text{m}$  pronikají až za hrtan do dolních cest dýchacích. Částice menší než 2,5  $\mu\text{m}$  se mohou usazovat na průduškách. 1  $\mu\text{m}$  proniká do plicních sklípků a ultrajemná částice menší než 0,1  $\mu\text{m}$  je natolik malá, že prochází plicními sklípků, proniká dále do krve a způsobuje zdravotní problémy. Zbylá část produktů proniká do půdy anebo je spláchnuta a váže se na vodu použitou při hašení požáru. (ufireg 2020)

Rizika se dají rozdělit podle jednotlivých vlastností uložených materiálů a jsou uvedena ve vyhlášce č. 376/2001 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. Produkty hoření těchto odpadů mají pak velmi podobné vlastnosti, zejména dráždivost, toxicitu, karcinogenitu, mutagenitu, způsobují poškození zdraví a vyznačují se dobrou schopností dále se šířit a hromadit v životním prostředí. (Chrysikou et al 2007)

Pokud bychom měli porovnat závislost toxicity zplodin hoření na množství kyslíku, můžeme říci, že s klesající koncentrací kyslíku vzrůstá toxicita. (Sikora 2007) Z dalších výzkumů je patrné, že povaha, a tedy druh hořícího odpadního materiálu má zásadní vliv na vznik emisí z těchto požárů a koncentrace těchto látek po větru mohou často překročit hodnoty určující kvalitu ovzduší. Přímě v místě požáru byly zjištěny koncentrace, kdy denní příjem PCDD/PDCF překročil limitní hodnoty, a je proto doporučeno, aby hasiči a další pracovníci pracovali v místě požáru s ochranou dýchacích cest. (Ruokojärvi et al 1995b)

V následující tabulce 6 jsou shrnuty některé toxické produkty vznikající při hoření hořlavých látek, a je tedy možnost orientačně určit látky, se kterými se můžeme při hoření těchto produktů setkat. (Balog, Zapletalová-Bartlová 1998)

<b>Materiál</b>	<b>Toxické produkty</b>	<b>NPK (mg*m<sup>3</sup>)</b>
Všechny látky obsahující uhlík	CO CO <sub>2</sub>	30 9000
Vlna, hedvábí, látky obsahující dusík (polyamid)	HCN NH <sub>3</sub>	3 40
Papír a dřevo	Akrolein	0,5

Guma	SO <sub>2</sub>	10
PVC, plasty obsahující retardéry hoření	HF	1
Halogenované polymery	HCl	5
Polystyrén	Benzen	50
Dřevo, polyester, polyamid	HCHO	2

*Tabulka 6: Závislost druhu materiálu na výskyt toxických produktů (Balog, Zapletalová-Bartlová 1998)*

Koncentrace chemické látky se vyjadřuje jako koncentrace hmotnostní nebo v objemových procentech. Ty se dají navzájem přepočítat. Koncentrace škodlivých látek v ovzduší jsou limitované. Z hygienického hlediska jsou důležité nejvyšší přípustné koncentrace (NPK), přípustný expoziční limit (PEL), havarijní akční úroveň (HAU) a havarijní přípustná koncentrace (HPK). (Balog, Zapletalová-Bartlová 1998)

#### **PEL – přípustný expoziční limit**

PEL chemické látky nebo prachu je časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jemuž je vystaven zaměstnanec v osmihodinové směně, aniž by u něho i při celoživotní expozici došlo k poškození zdraví. (Šamánek, Baumbruk 2008)

#### **NPK P – nejvyšší přípustná koncentrace pracovní prostředí**

NPK je definována jako koncentrace dané látky, které nesmí být zaměstnanec vystaven v žádném případě. (Šamánek, Baumbruk 2008)

#### **HAU-20, HAU-120 – havarijní akční úroveň**

HAU je limitní koncentrace plynu, páry nebo aerosolu látky v ovzduší, při které je nutné obyvatelstvo z toho prostředí vyvést od zahájení inhalace. Do 20 nebo 120 minut. (Čapoun 2009)

#### **HPK-10, HPK-60 – havarijní přípustná koncentrace**

Limitní koncentrace plynu, páry či aerosolu látky v ovzduší, které se mohou vystavit jednotky při záchraně osob bez prostředků individuální ochrany po dobu 10 nebo 60 minut. Jsou to informativní hodnoty pro jednotky požární ochrany, které vypovídají o možnosti určité činnosti po stanovenou dobu. (HZSČR 2017)

Všechny tyto limitní koncentrace vybraných látek, s kterými se můžeme setkat u požáru (Tabulka 7), mají hasiči k dispozici v papírové podobě v automobilech a některé jsou samozřejmě uloženy v detekčních přístrojích.

LÁTKA	PEL		NPK-P		HAU-20	HAU-120	HPK-10	HPK-60
	mg*m3	ppm	mg*m3	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
oxid uhelnatý	5	10	2	4	100	50	200	100
oxid siřičitý	30	150	26	131	50	20	67	15
kyanovodík	3	10	3	9	25	10	50	25
amoniak	14	20	36	52	1500	500	500	200
benzen	3		10		200	100	15000	7500

Tabulka 7: Koncentrace vybraných látek (Balog Zapletalová-Bartlová 1998, Janásek 2004, Balog 1998, Čapoun 2009)

## 6.1 Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý (CO) je bezbarvý, hořlavý plyn bez chuti a zápachu. Vzniká nedokonalým spalováním všech uhlíkatých materiálů. Tedy za podmínek, kdy nedostatek kyslíku, nízká teplota a krátký čas nedovoluje materiálu oxidovat za vzniku oxidu uhličitého. Hoří modrým plamenem. Je to je vysoce toxická sloučenina a při inhalaci většího množství vede ke změnám centrálního nervového a kardiovaskulárního systému. Účinek, CO je kumulativní, což znamená, že závisí nejen na koncentraci (Tabulka 8), ale také na době expozice. (Adach et al 2019)

g*m <sup>3</sup>	obj. %	Účinek na člověka
0,11	0,01	Žádné příznaky otravy ani při dlouhodobé expozici
0,26	0,02	Bolest hlavy po 2 - 3 hodinách
0,5	0,043	Bezvědomí za 2 – 3 hodiny
1,0	0,087	Bezvědomí za 1,5 hod, smrt za 6 hodin
1,14	0,1	Smrt za 2 hodiny
3,44	0,3	Smrt za 30 minut
5,0	0,44	Smrt během několika minut
9,16	0,79	Okamžitá smrt udušením

Tabulka 8: Účinky CO při různých koncentracích (Balog, Zapletalová-Bartlová 1998)

## 6.2 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) je bezbarvý plyn se štiplavým zápachem. Vzniká při hoření síry a jejích sloučenin, je těžší než vzduch. Má dobrou rozpustnost ve vodě, z tohoto

důvodu se dráždivost plynu nejvíce projevuje na sliznicích. Dráždí samozřejmě i kůži a účinek se zhoršuje pocením. (Janásek 2004)

<b>g*m<sup>3</sup></b>	<b>obj. %</b>	<b>Účinek na člověka</b>
0,0026		Žádné příznaky otravy ani při dlouhodobé expozici
0,0262		Okamžitě dráždí dýchací orgány
0,131	0,005	Snesitelné pouze po krátkou dobu
1,310	0,05	Životu nebezpečná koncentrace i při krátké expozici

*Tabulka 9: Účinky SO<sub>2</sub> při různých koncentracích (Janásek 2004)*

### 6.3 Kyanovodík

Kyanovodík je za běžných podmínek bezbarvá těkavá kapalina s intenzivní vůní hořkých mandlí. Vzniká při hoření plastů s obsahem dusíku – silon, nylon, molitan, umakart, palubní desky automobilů nebo vlny. Vznikat tedy může i při hoření komunálního odpadu. Patří k nejrychleji působícím jedům. Při inhalaci velké koncentrace nastává smrt během několik sekund (Tabulka 10).

Poločas odstranění kyanovodíku z atmosféry je 1 – 3 roky. Z atmosféry se dostává do půdy a vody, kde se přeměňuje na kyanidy. Většina kyanidů z povrchových vod časem opět odtéká ve formě kyanovodíku. Kyanidy jsou pro půdní a vodní organismy silně toxické. Do organismu člověka proniká všemi cestami. Tedy sliznicí, kůží i plícemi. (IRZ)

<b>g*m<sup>3</sup></b>	<b>obj. %</b>	<b>Účinek na člověka</b>
10	0,0009	Je výrazně cítit ve vzduchu
20	0,0018	Po delší době příznaky lehké otravy
100	0,009	Smrtelné po 30 minutách
200	0,018	Smrt během několika minut
400	0,036	Okamžitá smrt
7000	0,63	Nebezpečí otravy během 5 minut i za použití dýchacího přístroje
22 000	2,0	I při použití dýchacího přístroje se zhruba po 8 – 10 minutách projeví příznaky otravy přes pokožku.

*Tabulka 10: Účinky HCN při různých koncentracích (Balog 1998)*

### 6.4 Amoniak

Za normálních podmínek je to bezbarvý plyn s typickým štiplavým zápachem. Dále je zásaditý, dráždivý a žíravý. Má silné korozivní účinky a využívá se jako náplň do chladicích technologií.

Amoniak je velice toxický pro vodní organismy. Krátkodobá expozice amoniaku může dráždit i popálit kůži a oči s rizikem trvalých následků. Dráždí také nosní sliznice, ústa, hltan. Způsobuje kašel, dýchací potíže a dušnost. Při vyšší koncentraci edém plic a v koncentracích vyšších než 0,5% obj. je i krátkodobá expozice smrtelná. (Šváb et al 2005)

mg*m <sup>3</sup>	obj. %	Účinek na člověka
5,8	0,0002	Lze pracovat bez omezení
17,4	0,0006	Pálení očí, škrábání v nose, kašel
43,5	0,0015	Silné dráždění
58	0,002	Bezpečný pobyt do 60 minut
145	0,005	Nebezpeční vzniku edému plic
290	0,01	Nelze vydržet déle než 1 minutu
2 900	0,1	Smrt po několika vdechnutí

Tabulka 11: Účinky NH<sub>3</sub> při různých koncentracích (Balog 1998)

## 6.5 Benzen

Mezi nejvýznamnější aromatické uhlovodíky patří zcela jistě benzen. Má zejména narkotické účinky a vyvolává útlum aktivity kostní dřeně. To se projevuje zejména neutropenií a trombocytopenií, což je snížení množství krevních destiček a je zařazen mezi prokázané lidské karcinogeny. Nejvyšší koncentrace se nacházejí v kostní dřeni, orgánech s vysokým zásobováním krví jako játra a ledviny a mozek. Při chronické expozici a po uplynutí latentní doby mezi 5-15 lety se může projevit leukémie. Benzen z půdy poměrně rychle odtéká do atmosféry nebo se vyloučí do podzemních vod. (Šuta 2008)

mg*m <sup>3</sup>	Účinek na člověka
80	Bez příznaků
160 - 480	Bolest hlavy, slabost, malátnost
1 600	symptomy nemoci
4 800	Vážné symptomy
24 000	Ohrožení životních funkcí
64 000	Může způsobit smrt (srdeční selhání) po několika minutách

Tabulka 12: Účinky C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> při různých koncentracích (McConnell 1993)

## 6.6 Chlorovodík

Bezbarvý plyn těžší než vzduch se silně dráždivými účinky. Vyvolává otok horních cest dýchacích, který může přejít v zástavu dýchání a následnou smrt. Chlorovodík (HCL) vzniká při požáru materiálů obsahující chlór. Největší zástupce

těchto materiálů je polyvinylchlorid (PVC). Chlorovodík reaguje s vodou za vzniku kyseliny chlorovodíkové. Nejen s vodou obsažené v ovzduší, ale také s vodou použitou při hašení požáru a obsaženou v plicích. Proto je velmi důležité, aby si hasiči chránili dýchací cesty nejen při samotném požáru, ale i po likvidaci plamenného hoření, kdy je tento plyn stále obsažen v okolí požáru. (Orlíková 1999)

mg*m <sup>3</sup>	obj. %	Účinek na člověka
7,35	0,0005	Je cítit a lehce dráždí
147	0,001	Silné dráždění, lze si zvyknout a pracovat
1470	do 0,1	Kašel, dušení, horečka, poškození plic
>1470	nad 0,1	Zvracení, dechové obtíže, smrt

Tabulka 13: Účinky HCL při různých koncentracích (Orlíková 1999)

## 6.7 Dioxiny

Dioxiny jsou pravděpodobně nejčastěji zmiňovány v souvislosti se svou toxicitou a vznikají například při spalování odpadu obsahující chlorované látky. Je to souhrnné označení pro 210 chemických látek ze dvou skupin, odborně nazývaných polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDDs) a polychlorované dibenzofurany (PCDFs). Již ve velice malých dávkách způsobují hormonální poruchy, poškozují imunitní systém a některé způsobují rakovinu. Díky své chemické stabilitě setrvávají dlouho v prostředí a dokáží cestovat i tisíce kilometrů od svého původu. (Bates 2004)

Tyto toxické produkty mohou postupně v životním prostředí kumulovat a přispívat k celkovému znečištění. Dále mohou vstupovat do potravního řetězce z důsledku vázání na tuky. Některé dioxiny jsou karcinogenní a teratogenní a způsobují vrozené vývojové vady. (Warenik-Bany et al 2019)

## 6.8 Polycyklické aromatické uhlovodíky

Vznikají jako vedlejší produkty při každém spalovacím procesu. Při hoření uhlí, olejů, dřeva a také odpadů. Jsou to jedny z nejběžnějších polutantů v životním prostředí a jsou toxické pro celou řadu živých organismů. Hlavním nebezpečím je karcinogenita a ohrožení zdravého vývoje plodu během těhotenství. Běžně se vyskytující koncentrace PAHs jsou tak nízké, že nehrozí akutní ohrožení lidského zdraví. Nebezpečí PAHs je umocněno tím, že jsou velmi stabilní a mohou se šířit na velmi velké vzdálenosti. Proto jsou také zařazeny mezi perzistentní organické látky

(POPs). Člověk může být PAHs vystaven vdechnutím, požitím nebo i jen dermálně. (Holoubek et al 2001)

V ovzduší jsou přítomny v podobě par nebo vázány na povrchu tuhých prachových částic. Odtud se dostávají na zem buď usazováním, nebo deštěm, který strhává tuhé částice. Jelikož jsou špatně rozpustné ve vodě, tak déšť je pouze z ovzduší dostane na povrch půdy. Naopak velmi dobře rozpustné jsou v lipidech a mohou tak dosahovat intenzivní bioakumulace v tukové tkáni. (Petrovic et al 2017)

**PAHs se jako perzistentní organické polutanty vyznačují těmito vlastnostmi.**

- Toxicita
- Perzistence
- Bioakumulace
- Schopnost dálkového přenosu (Holoubek et al 2001)



## 7 ŠÍŘENÍ ZPLODIN HOŘENÍ DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

V současné době představují požáry skládek komunálních odpadů nejvýznamnější problém ve spojitosti se zplodinami hoření. Z důvodu značného množství známých, a především neznámých materiálů není jednoduché předpovědět vznik toxických zplodin a analýza bývá velmi komplikovaná. Další negativní dopady mají i pneumatiky využívané pro zatížení a zpevnění těsnění samotného tělesa skládky. (Sikora 2007)

Normativně lze říci, že šíření produktů do životního prostředí lze rozdělit do tří kategorií. Plyny a páry jsou unášeny vzhůru a dále se šíří do ovzduší. Velká část zůstává na místě ve formě zuhelnatělého zbytku, proniká do půdy a zbytek může být doslova vypláchnut enormním množstvím použité vody k hašení požáru a kontaminovat povrchové a podzemní vody. (Slaughter et al 2002)

### 7.1 Ovzduší

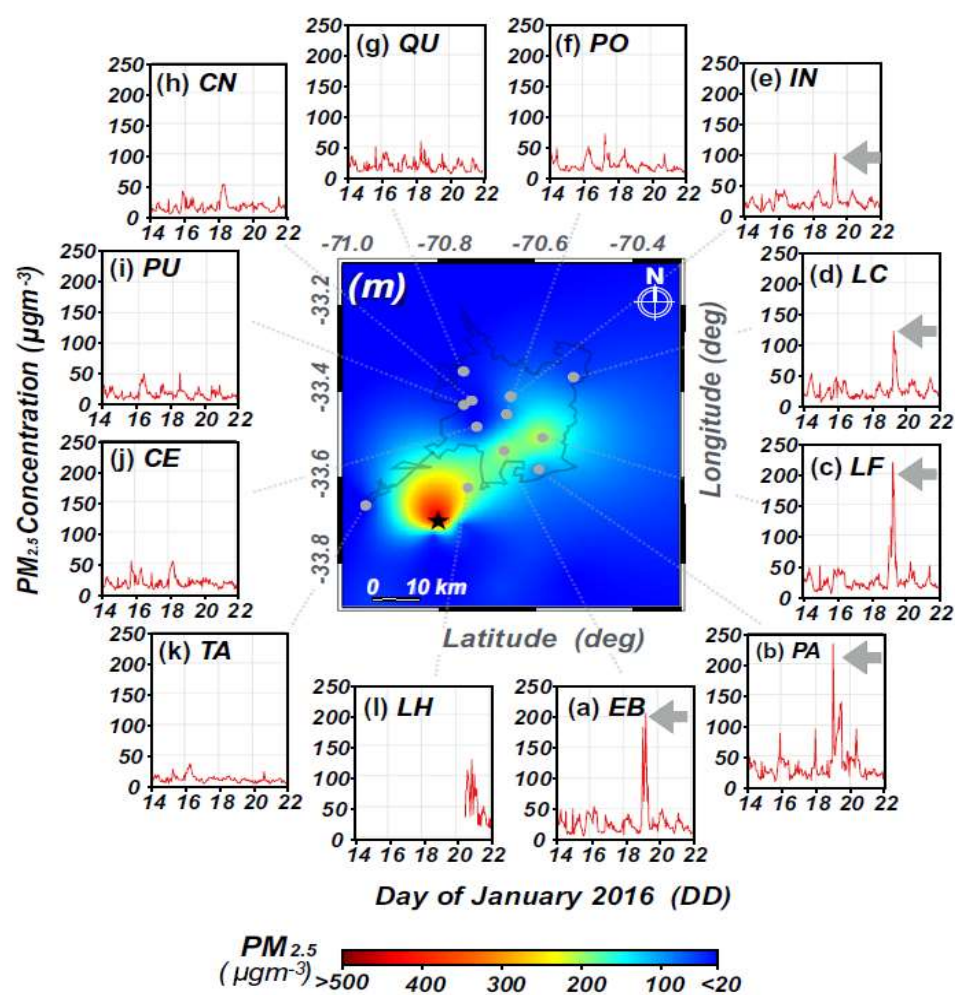
Vzhledem k výměně plynů na požářišti, kdy je čerstvý vzduch k ohnisku přiváděn z nejbližšího okolí a tedy míst, kde jsou nasazeny síly a prostředky požární ochrany, nejsou koncentrace škodlivin tak vysoké a dosahují relativně malých hodnot. Vzorky, které byly odebrány z blízkosti požáru skládky „Vysoká“, obsahovaly velmi vysoké koncentrace nebezpečných látek. Nejvýznamnější byl benzen a při kvantitativní analýze při požáru skládky dosahovala hodnota benzenu 876 ppm. Při dalším odběru cca 50 m od centra požáru byly hodnoty řadově již jen v jednotkách ppm. Z toho lze usoudit, že plynné a těkavé zplodiny mohly být nebezpečné jen v těsné blízkosti požáru. (Sikora 2007)

Další z mnoha látek, které jsou naměřeny při požárech skládky, je například formaldehyd. Ten se vyskytoval ve vysokých koncentracích společně s oxidem uhličitým, oxidem siřičitým a oxidy dusíku. (HZS ČR 2020)

Zahřáté zplodiny, které tvoří plyny, páry a další drobné částičky – saze, stoupají vzhůru. Kouř je většinou unášen v horní vrstvě atmosféry a díky proudění větru se obvykle přenáší na velké vzdálenosti od centra požáru. Největší koncentrace znečišťujících látek jsou ve vzdušných aerosolech. Kapalné a pevné látky následně

klesají na zem. To je ovlivněno především okolní teplotou, vlhkostí vzduchu a srážkami. (Holoubek 2008) Bylo také prokázáno, že pálení biomasy a odpadu může přispívat 30 až 50 % k celkové expozici pevných částic v zastavěných oblastech. (Siversten 2006)

Ve Španělsku se pomocí monitorovacích stanic měřila koncentrace PM<sub>2,5</sub>, což je koncentrace pevných částic rozptýlených ve vzduchu, které jsou tak malé, že mohou být unášeny vzduchem. Index 2,5 dále značí velikost částice, která je v tomto případě menší než 2,5 μm. Udává se pouze jeden imisní limit, a to je průměrná roční koncentrace udávaná v jednotkách objemové hustoty – například μg/m<sup>3</sup>. Tyto emise mohou představovat riziko pro lidské zdraví, zejména u citlivějších obyvatel jako jsou starší lidé, těhotné ženy, děti a lidí s respiračními problémy. (Morales et al 2017) Následující obrázek (Obrázek 4) zobrazuje výsledky z měření stanic kvality ovzduší, které sem byly instalovány již o několik let dříve. Měření probíhalo každý den od 14. ledna do 22. ledna. Tyto body měření jsou všechny v okruhu 10 km od skládky a v průměrné nadmořské výšce přes 500 m nad mořem. V této oblasti je velmi slabý pohyb větru, a tím je většinou znemožněno vertikálnímu rozptylu znečišťujících látek do ovzduší. Tudíž je zde velká pravděpodobnost velkého znečištění životního prostředí v okolí skládky a zejména v obydlených oblastech. (Morales et al 2017)



Obrázek 4: Výsledky měření ovzduší stabilních stanic (Morales et al 2017)

Z uvedeného příkladu je patrné, že požár skládky dokáže velice znečistit ovzduší nejen samotnými toxickými látkami, ale hlavně částicemi polétavého prachu, na které se tyto nebezpečné produkty hoření mohou vázat a setrvávat v ovzduší. (Weichental 2014) Imisní limit ovzduší v České republice pro jemné částice polétavého prachu PM 2,5 je  $25 \mu\text{m}\cdot\text{m}^{-3}/\text{rok}$ . Imisní limit lze vnímat jako indikátor, že znečištěné ovzduší překročilo únosnou mez. (NV 597/2006 Sb.) Z těchto výsledků lze vyvodit, že v případě naměření takových výsledků u nás v republice by byly imisní limity několikanásobně překročeny.

## 7.2 Voda

Nejvíce používaný způsob likvidace požárů skládek spočívá především v použití velkého množství vody k uhašení plamenného hoření s následným zahrnutím

inertní vrstvou zeminy, a tím zabránění přístupu vzduchu. Za normálních podmínek je průsaková voda ze skládky světle hnědá kapalina a má mírný zápach. Po požáru vlivem použití velkého množství hasiva se tato kapalina mění v černou a silně zapáchající kapalinu s velkým množstvím nerozpustných částic a nižší hodnotou PH. (Øygard et al 2005)

A právě pomocí odtékající vody z požářiště se polutanty mohou dostat mimo prostor skládky. Mimo těchto polutantů může voda obsahovat i velké množství hasiva pro zlepšení účinnosti vody při hašení – pěnidla a smáčedla. Těch se při velkých požárech spotřebuje až tisíce litrů (Obrázek 5). Při posledním velkém požáru skládky Celio na Mostecku v roce 2017 bylo spotřebováno 13 milionu litrů vody a 15 tisíc litrů hasiv, většinou se jednalo o pěnidlo Sthamex F15-3 a Pyrocool B. (HZS ČR 2017) Tradiční směsi v pěnidlech jako jsou tenzidy, ethyleglykol, butyldiglikol atd. mohou způsobit problémy z hlediska toxicity aktivních látek. Největší toxické nebezpečí při aplikaci těchto hasiv hrozí pro ryby a vodní organismy. V porovnání s produkty hoření je ovšem toxicita těchto hasiv poměrně nízká, Největší problém nastává v případě rozkladných produktů těchto látek, které mívají dlouhou dobu biologické odbouratelnosti v životním prostředí. (Balog 2004)



*Obrázek 5: Aplikace vody a speciálních hasiv s odtékající kontaminovanou vodou, v níž se pohybují hasiči a technika – skládka Celio 2017 (HZS 2017)*

Sthamex F15-3 je klasifikován jako nebezpečný ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů. Dráždí oči, kůže a je vysoce toxický pro vodní organismy. Ekotoxicita třídy ohrožení vod je stupeň 2, což znamená, že ohrožuje vodní prostředí a rozložitelnost 70% za 28dní. (LUNG PYREX, bezpečnostní list) Pro vodního korýše *Thamnocephalus platyurus* je stanovena hodnota LC50 0,054 ml/l. (Konečná 2012) Další nejčastěji používané hasivo Pyrocool B má toxicitu pro vodní organismy LC50 15,8mg/l a rozložitelnost 95,97% za 20 dní. Doporučené ředění hasiva je 0,4%, což znamená, že i když následně roztok těchto dvou látek zředíme stokrát, tak koncentrace bude stále převyšovat LC50 48 hodin. (Sikora 2014)

Že se při likvidaci požáru skládky spotřebují miliony litrů vody, není výjimka, ale právě opak. Velká spotřeba vody je pro likvidaci tohoto požáru typická. Při dalším požáru ve Vysoké Peci na Chomutovsku bylo využito téměř 5 milionů litrů vody, a zároveň prokazatelně došlo k prohoření a poškození těsnění skládky, tudíž je pravděpodobné, že se hasební voda dostala i mimo samotné těleso do životního prostředí a mohla kontaminovat mimo půdy pod tělesem skládky i podzemní vody. Je prakticky nemožné zajistit, aby k těmto průsakům a kontaminacím nedocházelo. (Študent 2019) (HZS ÚK 2015)

Při požáru skládky v Tušimicích provedli pracovníci Povodí Ohře měření nebezpečných látek v Lužickém potoce, který vede podél této skládky, naměřili zde až dvacetinásobně vyšší koncentrace těchto látek. Jednalo se zejména o aromatické uhlovodíky, zejména styren. U této látky nelze říci, kolikrát byly limity překročeny, jelikož pro obsah této látky ve vodě neexistují žádné normy. Tok se rázem stal pro živočichy jedovatý a uhynuly v něm prakticky všechny ryby. Voda s přítomností pěny se ovšem po nějaké době dostala i do blízkého rybníka, kde uhynulo také několik desítek ryb a do přehrady Nechranice. Zde už k prokázanému úhynu ryb v souvislosti s požárem skládky nedošlo. Dalšímu většímu znečištění se zabránilo pomocí postavení normálních stěn a odčerpávání vody do nedalekého odkaliště. Detailní rozborů a protokoly z těchto odběrů jsou uvedeny v příloze. (Povodí Ohře 2010)

V roce 2016 provedl Wang. Z. s kolektivem analýzu vzorků požární vody, která odtékala z požářiště při požáru skládky. Tento požár je zde uveden z důvodu, že požár může poškodit izolační vrstvu skládky, ta je zatížena vrstvou pneumatik.

V jejich výsledcích popisují přítomnost aromatických uhlovodíků, PAHs, fenolů, kyslíkatých, siřných a dusíkatých látek. Kromě toho voda obsahuje vyplavené zbytky, pyrolýzní olej (Obrázek 6), rozpustné a polární látky jako jsou soli těžkých kovů, alkoholy, kyseliny apod.. (Wang et al 2006)



*Obrázek 6: Pyrolýzní olej po požáru skládky (Sikora 2017)*

Ve světě se problematikou množství spotřebované hasební vody zabývají odborníci ze všech příslušných oborů. Při požáru ve městě Delta v Britské Kolumbii inženýři a hasiči řešili nakládání s hasební vodou. Z důvodu blízkosti významných oblastí s výskytem chráněných živočichů, kdy by únik kontaminované vody byl pro tuto populaci katastrofální, konstruktéři navrhli systém pro sběr hasební vody, který byl zkonstruován během 24 hodin. Na místě byla zřízena aerační laguna s lemováním a velká část vody byla recyklována pomocí speciálních čerpadel zpět na požářiště. Tím se ušetřilo mnoho pitné či čisté vody z okolních zdrojů a zároveň se eliminoval případný větší únik hasební vody mimo prostor skládky. (Emergency 2001)

Na postup využití recyklované vody, ale nejsou jednotky požární ochrany ani provozovatelé skládky u nás připraveni a hlavně vybaveni. Jeden z možných způsobů, jak zajistit hašení již použitou vodou, je příprava soustavy čerpadel v jímkách a odběrných míst na různých částech skládky. Z důvodu velkého množství nerozpustných částic a sníženému PH nelze pro čerpání takto znečištěné vody použít čerpadla hasičů, která by se buď okamžitě zanesla nečistotami, nebo by se později

zničila působením koroze a dalších látek obsažených v této znečištěné vodě. (Greedy 2010)

### 7.3 Půda

Jak již bylo popsáno v předchozích kapitolách, tak skládka je uzavřená a odizolovaná stavba, ze které by se žádné škodliviny do okolního prostředí, zejména vody a půdy neměly dostat. Problém ovšem může nastat v momentě, kdy na skládce vzplane požár a toxické zplodiny se nekontrolovaně šíří do okolního prostředí. Po požárech skládek jsou v půdě detekovány vysoké koncentrace například polycyklických aromatických uhlovodíků (PAHs), polychlorovaných bifenylů (PCBs) a těžkých kovů. Mezi nejznámější těžké kovy patří rtuť, olovo, kadmium či arsen. Ty jsou také nejvíce problematické z hlediska jejich působení na lidské zdraví, kumulují se v životním prostředí a působí dlouhodobě. (Chrysikou et al 2007)

Kontaminaci půdy může způsobit únik hasební vody mimo prostor skládky, jako to bylo v případě požáru skládky ve Vysoké Peci. Další kontaminaci půdy způsobuje jeden z neúčinnějších postupů zdlavání požáru, a to je zahrnutí hořícího materiálu zeminou. Půda má schopnost zadržovat a imobilizovat chemické látky a při překročení jejich prahové kapacity dojde k uvolnění těchto látek, a to může následně nepříznivě ovlivnit životní prostředí. Maximální přípustné množství vybraných organických látek obsažených v půdě v případě úniku mimo skládku stanoví vyhláška č. 13/94 Sb. (Kafka 2013)

Při požáru skládky v Řecku byly odebrány vzorky půd (Tabulka 13) 15 dní po uhašení požárů. Tato tabulka byla upravena autorem z důvodu, že ostatní vzorky nevykazovaly zvýšené koncentrace látek. Vzorky byly odebrány přímo od požářiště a dále ve vzdálenosti 500 m až 10 km. Největší koncentrace znečišťujících látek byla zjištěna na vzorkách S0 (místo požáru), S2 (500m), S3 (800m), S4 (800m). (Chrysikou et al 2007)

Polutant	Jednotky	S0	S2	S3	S4
<b>ΣPAHs</b>	μg kg <sup>-1</sup>	1475	24	43,5	11,2
<b>ΣPAHcarc</b>	μg kg <sup>-1</sup>	93,3	1,25	3,46	2,49

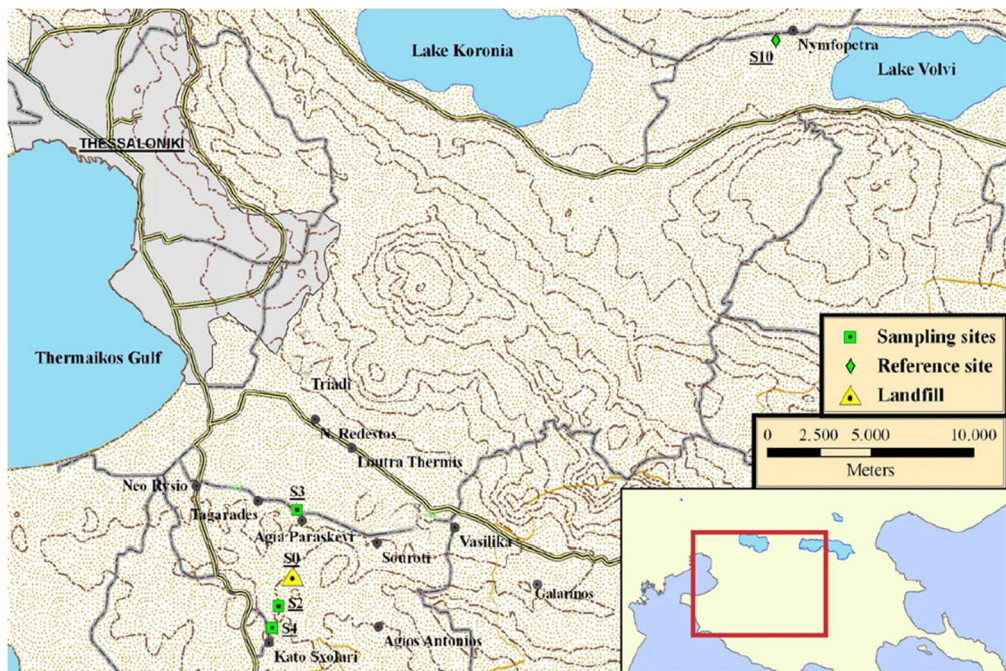
<b>Benzo[a]pyren</b>	$\mu\text{g kg}^{-1}$	25,9	0,02	0,55	0,25
<b><math>\Sigma</math>PCBs</b>	$\mu\text{g kg}^{-1}$	399	9,52	8,03	4,02
<b><math>\Sigma</math>HCHs</b>	$\mu\text{g kg}^{-1}$	9,72	10,1	9,48	9,24
<b><math>\Sigma</math>DDTs</b>	$\mu\text{g kg}^{-1}$	21,3	6,4	29,5	6,18
<b><math>\Sigma</math>OCPs</b>	$\mu\text{g kg}^{-1}$	151	11,2	44,2	5,94
<b><math>\Sigma</math>ES</b>	%	46,2	40,3	41,2	40,3
<b><math>\Sigma</math>HMs</b>	$\text{mg kg}^{-1}$	29830	767	1164	934

Tabulka 14: Výskyt látek v půdě v okolí skládky (Chrysikou et al 2007)

### Seznam látek ve vybraných polutantech a jejich součet ( $\Sigma$ )

- **$\Sigma$ PAHs** Naphthalene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, triphenylene, benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[e]pyrene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, benzo[g,h,i]perylene, indeno[1,2,3-cd]pyrene), coronene.
- **$\Sigma$ PAHcarc** Benzo[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene, indeno[1,2,3-cd]pyrene).
- **$\Sigma$ PCBs** #28, #52, #101, #118, #138, #153, #180.
- **$\Sigma$ HCHs**  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH.
- **$\Sigma$ DDTs** p-p'-DDT, p-p'-DDD, p-p'-DDE.
- **$\Sigma$ OCPs** Hexachlorobutadine, dichlobenil, hexachlorobenzene, quintozene, heptachlor, aldrin, isobenzan, isodrin, heptachlor-exo-epoxide, heptachlor-endoepoxide, a-endosulfan, dieldrin, endrin.
- **$\Sigma$ Es** Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Sr, P, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Br, Cd, Sn, Sb, Te, Pb.
- **$\Sigma$ HMs** Zn, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Cd, Sn, Sb, Pb.





Obrázek 7: Grafické znázornění odběru vzorků půdy (Chryssikou et al 2007)

## 8 POSTUP JPO PŘI LIKVIDACI POŽÁRŮ SKLÁDEK

Jednotky požární ochrany při likvidaci požárů skládek postupují podle aktuální situace na místě zásahu, ale hlavní postupy jim stanovuje tzv. metodický list. V tomto metodickém listu je popsán jednotný postup pro likvidaci požáru. Tento dokument obsahuje všechna specifika, charakter požárů skládek a hrozící nebezpečí při samotné likvidaci požáru.

Už při samotném příjezdu a následně ihned na místě se průzkumem zjišťuje rozsah a umístění požáru na tělese skládky a žádá se o případné posilové jednotky. Tímto průzkumem se dále zjišťuje charakter hořícího materiálu, směr šíření zplodin hoření, možnost ohrožení okolí a obyvatelstva, odtok hasební vody a nebezpečí znečištění povrchových vod. Poté se rovněž řeší možnosti dodávky hasební vody, nástupní plochy a další zásahové cesty. Z důvodu možného ohrožení obyvatel zplodinami požáru může přijít v úvahu i varování obyvatelstva a následná evakuace.

První jednotky, které přijedou na místo, zaujímají pozice dle rozkazu velitele zásahu a připravují hadice pro dopravu vody z cisteren na místo požáru.

Pokud to síly a prostředky na místě zásahu dovolují, nejprve se zamezí intenzivnímu plamennému hoření postupně od okrajů, až k ohnisku požáru. Jestliže je jednotek málo, zaujímá se požární obrana. Jednotky se nasadí na směr největšího šíření, a snaží se zabránit dalšímu rychlému šíření až do příjezdu dalších posilových jednotek.

Po likvidaci plamenného hoření se následně postupuje zpravidla těmito způsoby.

- Zaplavením ohnisek požáru velkým množstvím vody nebo vody s přidáním pěnidel či smáčedel
- Injektáží vody do tělesa skládky
- Rozrušením skládky pomocí mechanických účinků vodního proudu do ohniska
- Postupným rozebíráním těžkou mechanizací a zkrápěním vytěženého materiálu

- Zaplavením povrchu skládky nad ohnisky požáru a následným zhutněním pomocí mechanizace
- Zavezením povrchu skládky zeminou a následným zhutněním

Při požáru je nutné počítat s různými nebezpečími.

- Únik nebo hromadění skládkového plynu a následné nebezpečí výbuchu
- Nebezpečí výbuchu tlakových nádob a sprejů
- Neočekávané chemické reakce látek při styku s vodou nebo mezi sebou
- Nebezpečí poleptání od zbytků kyselin a louhů
- Expanze velkého množství páry
- Nebezpečí infekčního onemocnění vzhledem k velikému množství různých druhů živočichů, zejména hlodavců a ptáků

U velkých požárů je spotřebováno i několik milionů litrů vody, a to i z důvodu, že voda je nejlevnější a nejdostupnější hasivo. Toto množství vody neúměrně zatěžuje těsnění tělesa skládky a její odvodňovací systém. Myšlenky o opětovném použití hasební vody z akumulčních jímek brzdí fakt, že voda je kontaminována nebezpečnými látkami vzniklých při požáru. Voda je silně znečištěná, toxická, agresivní a běžná požární čerpadla nejsou schopna s takovou vodou pracovat a hrozí jejich poškození či zničení. (Horálek, Šimeček 2008)

V praxi se při velkých požárech v České republice využívá technika, kdy se zlikviduje plamenné hoření s následným zaplavením enormního množství vody, které je smícháno s určitým množstvím pěnidla. To pomáhá snižovat viskozitu vody a tím zvyšuje proniknutí vody do větších hloubek hořícího odpadu. V případě menšího rozsahu požáru se také používá speciálních proudnic, které dodávají hasivo na místo požáru. Ty jsou schopné z roztoku vody a pěnidla vytvořit hasební pěnu, která uhasí plamenné hoření a následně zůstává na povrchu materiálu, kde vytvoří nepropustnou vrstvu a tím znemožní další hoření. Následně se místo zahrne inertní vrstvou zeminy pro zabránění přístupu vzduchu a možného znovu rozhoření požáru.

## 9 DETEKČNÍ PROSTŘEDKY HZS

Při většině velkých požárů skládek v Ústeckém kraji se kvůli velkému vývinu kouře povolává buď chemický vůz z centrální stanice v Ústí nad Labem, nebo chemická laboratoř HZS ČR z Třemošné u Plzně. Ty mají k dispozici několik přístrojů, kterými mohou měřit uniklé nebezpečné látky. Výsledky měření poté slouží veliteli zásahu a orgánu ochrany přírody pro další rozhodování o postupu v průběhu zásahu, jako je případná evakuace ohrožených obyvatel v okolí. Rozhodovací proces se dále řídí podle expozičních limitů užívaných v České republice.

### 9.1 GDA2

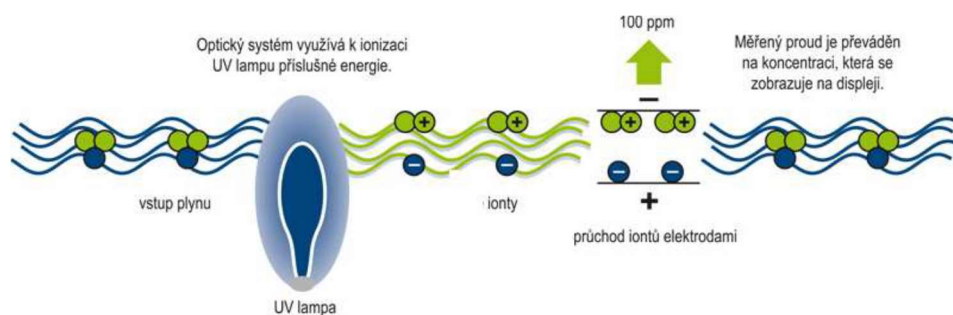
Přenosný analyzátor plynů a par Gas Detector Array 2 (GDA 2) používaný u HZS je určen k identifikaci a stanovení nebezpečných látek v ovzduší. Přístroj je schopen identifikovat pouze určité látky, které jsou uloženy v knihovně přístroje. Látky, které přístroj nemá uloženy přímo v knihovně, dokáže detekovat podle signálu na určitém kanálu.

#### 9.1.1 Princip detekce GDA2

Přístroj GDA 2 využívá k identifikaci látky kombinaci čtyř detekčních principů.

- **Spektrometrie pohyblivosti iontů** – Je to citlivá analytická technika, která se používá pro detekci a identifikaci chemických látek. Zejména výbušnin, toxických plynů a drog. Využívá se různé mobility iontů v elektrickém poli, hmotnosti a velikosti. Výsledkem této detekce je záznam s píky. Výška nebo plocha píky znázorňuje koncentraci sledované látky. (Rousková 2014)
- **Fotoionizační detekce PID** – Do tohoto režimu měření se přechází z důvodu potřeby přesného stanovení nebezpečných látek v ovzduší a umožňuje měřit těchto 17 látek: aceton, akrolein, amoniak, benzen, chlorbenzen, sirouhlík, kyselina octová, ethanol, sulfan, hexan, hydrazin, isobutylem, styren, toluen, toluylendiisokyanát, trichlorethylen a vinylchlorid. Jejich koncentrace musí převyšovat ostatní nebezpečné látky. Pracuje na principu měření elektrického

proudu při ionizaci měřeného plynu. Senzor poté detekuje vzniklý náboj ionizovaného plynu, který je převeden a zesílen na elektrický proud a následně převeden na koncentraci v jednotkách ppm. (Čapoun 2005)



Obrázek 8: Princip fotoionizačního detektoru (Čapoun 2005)

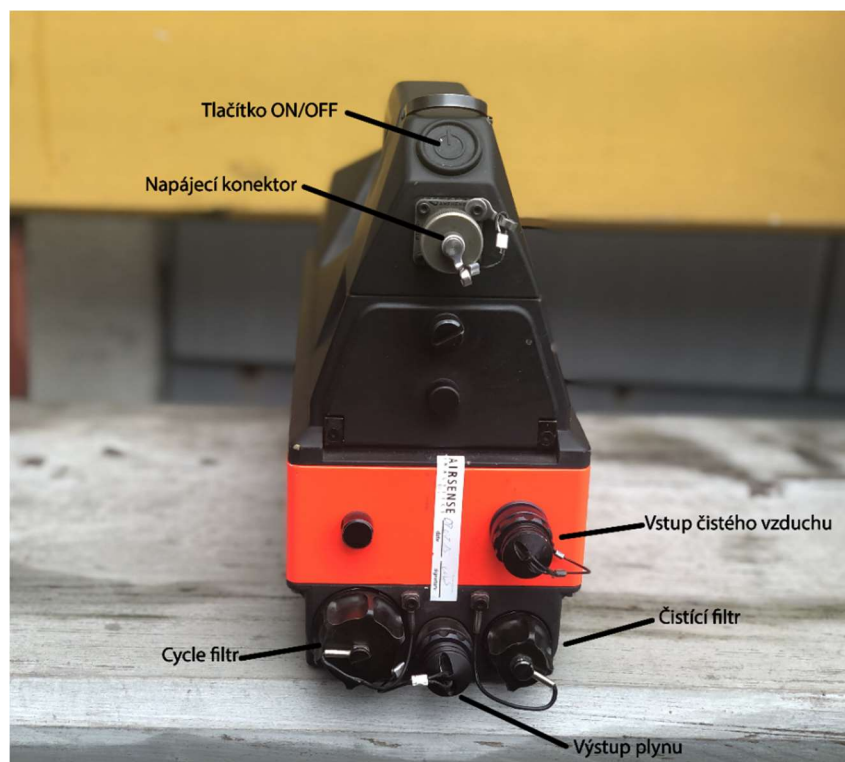
- **Detekce elektrochemickým článkem** – Proud plynu prochází oddělenou komorou, kdy na elektrodách dochází k oxidační a redukční reakci, která má za následek změnu potenciálu tohoto článku. Měřený elektrický signál je úměrný látkovému množství detekované složky. Sleduje se tedy závislost mezi elektrickou veličinou a koncentrací sledované složky. Nevýhodou je delší odezva a vysoké riziko poškození vysokou koncentrací měřeného plynu. (Rousková 2014)
- **Detekce polovodičovými čidly** – Polovodičové senzory jsou jedněmi z nejuniverzálnějších senzorů, jelikož detekují široké spektrum plynů v nízkých i vysokých koncentracích. (Čapoun 2005)

Plynná nebezpečná chemická látka se vyznačuje při určité koncentraci signálem v některých ze čtyř uvedených čidel. Software přístroje následně vyhodnotí poměr přijatých signálů a porovná je s daty, která jsou uložena v knihovně. Přiřadí nejpravděpodobnější strukturu látky včetně jednoduchých směsí a na základě intenzity signálu určí koncentraci látek v ovzduší. K zamezení přesycení detekční komory vysokými koncentracemi nebezpečných látek je detektor vybaven automatickým řídicím systémem. Doba měření se pohybuje od několika sekund až po jednu minutu. (Rousková 2014) Display následně ukáže název měřené látky, její povolené koncentrace, změřenou koncentraci v ppm, a také signály na jednotlivých kanálech pomocí sloupcového diagramu. (Čapoun 2005)

### 9.1.2 Popis detektoru



Obrázek 9: Detektor GDA2 s popisem čelní pohled



Obrázek 10: Detektor GDA2 s popisem zadní pohled

## 9.2 GasAlertMikro 5

Nejčastěji využívaný detektor používaný na všech centrálních stanicích HZS. Přístroj při každém uvedení do provozu provádí automatický test celého systému a senzorů. Pracuje v nepřetržitém režimu a koncentrace plynu ukazuje v reálném čase na display a při dosažení nastavených kritických hodnot se aktivuje optická a zvuková signalizace doplněná vibracemi. Možnost difuzního provozu nebo provozu s motorizovanou pumpou. Přístroj vyhodnocuje koncentraci plynů a následně vyhodnocuje 4 typy alarmů. Okamžitý dolní, okamžitý horní alarm a nebezpečná dávka škodlivin za daný časový úsek 8 a 15 hodin.

### 9.2.1 Princip detekce GasAlertMikro 5

Přístroj detekuje látky pomocí tří detekčních principů.

- **Elektrochemický senzor**

Jedná se o nejpoužívanější senzory (Obrázek č. 11) z důvodu relativně nízké ceny a spolehlivosti. Uvnitř čidel se nachází několik elektrod, a ty jsou oddělené difuzní bariérou, přes kterou se dostávají molekuly analyzovaného plynu a dochází k oxidační reakci na detekční elektrodě. Přístroj má delší odezvu, a pokud je vystaven vysokým koncentracím plynů, je velké riziko poškození. Přístroj dokáže detekovat H<sub>2</sub>S, CO, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCN, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, ClO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>. (Honeywell 2010)



Obrázek 11: Elektrochemický senzor (Honeywell 2010)

- **Katalytický senzor**

Tento senzor (Obrázek 12) je využíván k měření a zjištění výbušných koncentrací. Přístroj je kalibrován na metan, a na nebezpečí upozorní v dostatečném předstihu. Hodnoty alarmu jsou nastaveny na 10 % a 20 % spodní meze výbušnosti CH<sub>4</sub>. Pro jiné výbušné látky jsou k dispozici korekční faktory. Ty lze použít jen v případě, že danou výbušnou látku v ovzduší známe. (Chromservis 2016)



Obrázek 12: Katalytický senzor (Chromservis 2016)

- **Fotoionizační senzor (PID)**

Velmi citlivý senzor, odezva je téměř okamžitá. Tento senzor (Obrázek 13) se vyznačuje vysokou přesností i při poměrně nízkých koncentracích. Detekuje široké spektrum toxických plynů, které zahrnuje také těkavé organické látky a některé bojové chemické látky. (Čapoun 2005)



Obrázek 13: Fotoionizační senzor (Chromservis 2016)



## 9.2.2 Popis detektoru



Obrázek 14: Popis detektoru GasAlertMicro5

## 10 PRAKTICKÉ MĚŘENÍ ÚNIKU LÁTEK PŘI POŽÁRU SKLÁDKY

### 10.1 Popis skládky

Měření pomocí detektoru používaného u HZS bylo provedeno při požáru skládky komunálního odpadu „SONO“ v okrese Litoměřice u obce Želechovice, který vypukl 1. 12. 2019 a likvidace požáru trvala až do 4. 12. 2019. Skládku odpadů „SONO“ je vybudována v části zbytkové těžební jámy vápencového lomu místní cementárny. Nachází se asi 1,7 km jihozápadně od obce Sirejovice.

Skládka zahájila svůj provoz již v roce 1995 a slouží pro ukládání komunálních a ostatních odpadů. Celkový roční objem uloženého odpadu činí přibližně 65 tisíc tun.

Od roku 2006 byla v areálu skládky uvedena do provozu kogenerační jednotka pro využití skládkového plynu pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Dále byla také instalována velkokapacitní sušárna dřeva BEFI. Systém využití skládkového plynu a jedna z podmínek protipožárního opatření je zcela naplněna.

### 10.2 Průběh požáru

Požár byl poprvé zpozorován 1. 12. 2019 v 6:30. První jednotky byly na místě během několika minut, a ihned začaly s hašením požáru. Bylo nasazeno několik vodních proudů a probíhala tzv. kyvadlová doprava vody cisternami z místa plnění na místo požáru. Postupně na místě zasahovalo 44 jednotek hasičů. Při požáru se prokazatelně spotřebovalo přes 2,5 mil. litrů vody z hydrantové sítě, a následně to samé množství z řeky Labe. Celkem tedy 5 milionů litrů vody. Únik vody ze skládky nebyl zaznamenán, takže nemůžeme říci, že by bylo touto cestou ohroženo životní prostředí. Stejně tak jako vliv požáru na půdu, kdy ze skládky neunikla žádná voda, která by půdu mohla kontaminovat. Jediná zcela jistě kontaminovaná půda zůstala v areálu skládky. Tato půda byla použita na zavezení místa požáru, jeho překrytí a zamezení opětovného vzplanutí. Co v těchto vzorcích opravdu bylo, a co obsahovaly nelze říci, protože nebyly provedeny rozborů těchto složek.

Hašení požáru probíhalo pomocí enormního množství vody za použití smáčedel a následně pomocí těžké techniky. Odpad byl prohrabáván, dohašován a následně zavezen zeminou pro znepřístupnění vzduchu. Tato technika byla povolána

ze Záchraného útvaru HZS ČR ve Zbirohu, a v průběhu zásahu prohrabávala ohnisko požáru do hloubky, a to bylo následně proléváno vodou. Po třech dnech byla provedena lokalizace požáru. To znamená, že požár je pod kontrolou a dále se nešíří. Čtvrtý den byla nalezena ještě dvě hořící místa, která byla rozhrabána a prolita vodou. Poté byl požár kompletně zlikvidován. Konkrétně 4. 12. 2019 v 15:42 odjela z areálu skládky poslední jednotka. Příčina požáru nebyla došetřena, ale nejpravděpodobnější verze byla reakce chemických výrobků, jako jsou barvy, fermeže a jiné.

### 10.3 Měření škodlivin v ovzduší

Po celou dobu zásahu používali nejexponovanější hasiči na ochranu svého zdraví kromě třívrstvých speciálních obleků také dýchací přístroje. Ty umožňují pracovat i v nedýchatelném a toxickém prostředí. Z důvodu velkého vývinu kouře byla na místo povolána Chemická laboratoř HZS z Třemošné pro měření nebezpečných koncentrací chemických látek, respektive zplodin požáru.

Měření bylo provedeno druhý den požáru 2. 12. 2019 mezi 13:45 až 14:20 na pokyn velitele zásahu, kdy hrozilo, že velký oblak kouře z důvodu změny směru větru bude směřovat na okolní obce. Z důvodu nefunkčnosti analyzátoru plynu GDA2 bylo měření prováděno pomocí detektoru GasAlertMikro 5 s PID čidlem. Měření se provádělo na základě rozkazu velitele zásahu na přesně daných místech. Tato místa (Obrázek 15) byla důležitá kvůli možné ochraně místních obyvatel. Vítr se nakonec ustálil a kouř stoupal spíše vzhůru (Obrázek 16), aniž by ohrožoval okolní obce.



Obrázek 15: – mapa měření pomocí detekce HZS (mapy.cz upraveno autorem 2020)

- Bod číslo 1 – vrchol silnice nad hořící skládkou
- Bod číslo 2 – Siřejovice začátek obce
- Bod číslo 3 – Siřejovice konec obce
- Bod číslo 4 – Vrbičany začátek boce
- Bod číslo 5 – Vrbičany konec obce

Meteorologické podmínky na místě požáru byly z hlediska měření bohužel tedy velice příznivé na rozptyl látek do ovzduší. Teplota byla naměřena 5 °C. Vertikální stálost atmosféry vykazovala konvence v přízemních vrstvách atmosféry a vanul jihozápadní vítr 2,5 až 4 m\*s<sup>-1</sup>. To vše zapříčinilo, že rozptylové podmínky byly více než dobré a nenaměřily se zvýšené koncentrace běžných škodlivin ve vzduchu (Tabulka 14), které jsme mohli měřit pomocí běžně používaného detektoru u HZS.

Jediný CO<sub>2</sub>, zachycený na dvou místech měření v hodnotách 0,2 obj. % tedy po přepočtu 2 000 ppm, vykazoval nepatrně zvýšené koncentrace. Při této hodnotě a delší expozici dochází k horší schopnosti se koncentrovat a u některých osob dochází i k bolestem hlavy. Hodnota 10 ppm u CO je z praktického hlediska zanedbatelná. Hodnota TVOC byla naměřena pouze při občasném zeslábnutí větru. Konkrétně

hodnoty kolem 0,4 ppm, což je de facto na hranici citlivosti přístroje. Ostatní sledované parametry v rámci měření přístrojem GasAlertMikro 5 byly pod mezí detekce.



Obrázek 16: Požár skládky SONO 2019

Bod měření č.	Vzdálenost od ohniska	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (obj. %)	H <sub>2</sub> S (ppm)	TVOC (ppm)
1	150 m	10,0	0,02	0,0	0,4
2	900 m	0,0	0,01	0,0	0,1
3	1 500 m	0,0	0,02	0,0	0,0
4	1 700 m	0,0	0,01	0,0	0,1
5	2 100 m	0,0	0,01	0,0	0,2

Tabulka 15: Výsledky měření pomocí detektoru GasAlertMikro 5



Obrázek 17: Požár skládky SONO 2019 1

## 11 DISKUSE

Nejdůležitějším aspektem v rámci ochrany životního prostředí a zasahujících jednotek požární ochrany je zejména ukončení likvidace odpadů skládkováním. Dokud budou skládky stále v provozu, tak samozřejmě hrozí reálné nebezpečí požárů. Protipožární opatření prováděná na skládkách nejen komunálních odpadů mohou nejen zmenšit případné škody na majetku, ale především snížit zdravotní a ekologická rizika spojená s požárem. (Slougher et al 2002) Protipožárních opatření je několik. Můžeme vyjmenovat například sběr skládkového plynu, termokamerový systém sledování povrchu skládky, kontrola sváženého odpadu, a jako nejčastější je uváděno hutnění odpadu a následné zavezení inertní vrstvou pro zabránění přístupu vzduchu, a tím zabránění dalšího hoření. (Horálek, Šimeček 2008) Tato protipožární opatření jsou dle zjištění v České republice dodržována.

Bohužel i přes snahu provozovatelů skládek a státních institucí nelze vyloučit iniciaci a následný vznik malého či velkého požáru. Nejčastějšími příčinami vzniku požáru je nedbalost, žhavé částice ve sváženém odpadu a samozřejmě samovznícení. (Ivácková 2019, Filip et al 2003, Sperling, Henderson 2001) Při těchto požárech je zapotřebí nasadit obrovské množství sil a prostředků jednotek požární ochrany. A v případě velkého požáru jsou tyto jednotky nasazeny nepřetržitě i několik dní. Z toho vychází i kromě ekologických škod i škody ekonomické. Kdy náklady na likvidaci jednoho požáru mohou dosahovat i několika milionů korun.

Nejzajímavějším zjištěním z pohledu přítomnosti požáru nebo jeho možného vzniku na skládce bylo, že koncentrace výskytu oxidu uhelnatého má přímý vliv na detekci podzemního požáru v tělese skládky. Další zajímavé zjištění v souvislosti s možným výskytem požáru je naměření kyslíku v koncentracích větších, než je 1 %. Dále, že pokud skládkový plyn vykazuje přítomnost více jak 40 % metanu, tak se dá říci, že v tělese skládky probíhají anaerobní procesy. (Greedy 2010) Pokud je výskyt O<sub>2</sub> větší než zmíněné 1 %, dá se uvažovat o porušení těsnosti inertní vrstvy, která brání přístupu vzduchu a mohou zde začít aerobní procesy, které jsou z požárního pohledu nebezpečné a hrozí větší nebezpečí samovznícení uloženého materiálu.

V případě, že na skládce vzplane požár, tak se uvolňuje enormní množství toxických plynů a dalších chemických látek. Druh a množství závisí na mnoha

faktorech. (Masařík 2003) Při požáru za nepřístupu vzduchu vzniká více emisí těchto polutantů, hlavně produktů nedokonalého spalování. (Sperling, Henderson 2001) Proti těmto látkám se jednotky požární ochrany brání především izolačním dýchacím přístrojem, který umožňuje dýchat i v toxickém prostředí. Je to nejběžnější a nejpoužívanější ochrana zdraví hasičů. Nic jiného a stejně snadno použitelného ani ve výbavě HZS nemá, pokud nepočítáme speciální protichemické obleky. Díky tomuto přístroji dokážou hasiči fungovat zcela nezávazně a operativně zasahovat na velkém prostoru v místě mimořádné události.

Všechny tyto látky jsou obsažené hlavně v kouři, který stoupá z místa požáru. Kouř je velice dynamický a nestabilní systém, který se kontinuálně mění v průběhu celého požáru. (Balog, Zapletalová-Bartlová 19998) To se projevuje zejména právě při změně větru nebo atmosférického tlaku, kdy kouř stoupající přímo vzhůru může během chvilky doslova pohltnout zasahující jednotky hasičů, a samozřejmě také nejbližší okolí, včetně obytných částí. Na tyto osoby tak působí celá řada látek, jako jsou perzistentní organické polutanty. Zejména PAHs, PCBs, PCDF. Dalšími látkami, kterým je člověk vystaven, je například toluen, benzen, styren a třeba i detekované množství fosgenu. (Nammari et al 2004, Morales et al 2017) Dalšími látkami jsou HCL, HF, CO, CO<sub>2</sub>, vodní pára a kyslík. Největším problémem při těchto požárech je, že nikdy nelze přesně definovat, jaký materiál a v jakém množství hoří. (Masařík 2003)

Tyto látky mohou následně negativně působit jak na zdraví hasičů, kteří nejsou chráněni izolačním dýchacím přístrojem, ale hlavně na okolní obyvatelstvo. Zejména pokud si uvědomíme, že již zmíněný HCL reaguje s vodou za vzniku kyseliny chlorovodíkové, a to i v plicích postiženého člověka. (Orlíková 1999) I když je doporučeno, aby každý zasahující hasič byl chráněn před těmito vlivy dýchacím přístrojem, bohužel ne každý ho využívá. Tomu se ovšem snažíme během zásahu zabránit, ale nikdy toho nelze stoprocentně dosáhnout.

Kromě šíření těchto zplodin do ovzduší mohou dále postupovat do vody a půdy. Tyto polutanty jsou totiž v mnoha případech doslova spláchnuty enormním množstvím vody použité na hašení požáru. Tím tyto polutanty mohou kontaminovat povrchové a podzemní vody. Tyto vody vykazovaly přítomnost PAHs, fenolů, kyslíkatých, siřných a dusíkatých látek. Dále těžké kovy, alkoholy, kyselina apod..

(Slaughter et al 2002, Wang et al 2006) Použití velkého množství vody jako hasiva, je u nás nejpoužívanější metoda likvidace těchto požárů. Společně s vodou se používají speciální přísady pro zlepšení účinnosti vody popřípadě přímo pěnidla na pokrytí celého povrchu skládky, a tím zabránění přístupu vzduchu a dalšího hoření. Tyto přísady jsou samy o sobě toxické, a jejich použití zcela jistě nepřispívá ke způsobu likvidace požáru šetrnému k životnímu prostředí. (Sikora 2014) Použití těchto přísad je oproti použití samotné vody zcela jasně účinnější a rychlejší. S tím souvisí samozřejmě i možná menší spotřeba vody na uhašení požáru. Na místě je možná také z hlediska dopadů na životní prostředí vzít v úvahu, že běžně používaná pěnidla u HZS (Pyrocool B a Sthamex F-15) jsou dle testů přípravky s nejvyšší ekotoxicitou. Pěnidlo, které vykazovalo v testech nejmenší nebezpečí pro životní prostředí (Mausol APS F-15), bohužel HZS ČR nepoužívá. (Konečná 2012) Možná by v tuto chvíli, kdy požárů skládek neustále přibývá, stálo za úvahu zvážit nákup těchto prostředků šetrnějších k životnímu prostředí, a v případě požárů skládek je využít místo běžně používaných nebezpečnějších hasiv. Ovšem je také třeba vzít v úvahu, že rychle zlikvidovaný požár, byť toxičtějším hasivem, může vyvážit negativní dopady těchto hasicích látek. Protože produkty hoření, vznikající během požáru jsou mnohem škodlivější než použitý hasicí prostředek. (Balog 2004)

Při tomto způsobu hašení může dojít k překročení kapacity jímky na skládkové vody a následnému úniku mimo prostor skládky. Nejednou se tak tomu i stalo, a je prokázán úhyn kompletní rybí osádky v potoce, a následně i v rybníce, kam se dostala hasební voda, ve které byla potvrzena i přítomnost použitého pěnidla. Tyto havárie na vodním toku si vyžádaly zásah Povodí Ohře za statisíce korun. Během těchto havárií spolupracuje HZS, Policie ČR, Česká inspekce životního prostředí, vodoprávní úřad a v neposlední řadě správce povodí. (Jindřich Honig, 2020, in verb.) V tomto ohledu je velice důležitá komunikace a součinnost mezi těmito orgány. Velitel zásahu by měl také mimo jiné zjistit, kde končí hasební vody, a hlavně pravidelně prověřovat, že nedochází k havárii dle vodního zákona. Pokud toto nebezpečí hrozí, měl by dle zjištění kontaktovat příslušné orgány, případně provést jiná opatření k dalšímu zamezení šíření kontaminované vody do životního prostředí. Toto opatření může být například i zastavení hasebních prací do doby, než se problém odtékající vody ze skládky vyřeší například přečerpáváním vody do nově vytvořené laguny nebo jiné



záchytné jímky v areálu skládky. Ideální je u takového zásahu úzce spolupracovat s vodoprávním úřadem, Českou inspekcí životního prostředí (ČIŽP) a případně policií České republiky a také se správcem toku. Ten většinou poskytuje odbornou poradenskou činnost právě pro ČIŽP.

Velice účinné, avšak na prostředky náročné je rozebrání zasažené části skládky těžkou technikou, a následné uhašení mimo těleso skládky. Zde se velmi snižuje spotřeba vody a tedy i možnost kontaminace vod. Tato metoda je ovšem použitelná jen na menší požáry. Právě v takových případech je opravdu využívána a dokonce s velkou úspěšností likvidace požáru, bez větších následných škod na životním prostředí. Stejný postup byl ovšem použit i při jednom z požárů skládky v okrese Litoměřice, kdy zásah trval celý týden. Těžká technika HZS rozebírala část skládky, a ta byla následně prolévána vodou. Bohužel i zde bylo spotřebováno obrovské množství vody. Podle vykázaných tankování vody do cisteren bylo spotřebováno přes 7 milionů litrů vody. A to v době, kdy v Čechách opět hrozí sucho a problémy s vodou. Takže v tomto případě se tato technika zdolávání požáru minula účinkem.

Nejen tedy během požáru, ale i po uhašení plamenného hoření působí na zasahující jednotky požární ochrany významné množství nebezpečných chemických látek, stejné látky mohou samozřejmě při špatných rozptylových podmínkách přímo působit i na blízké okolí a na okolní obyvatelstvo. Bohužel co se týká zplodin požáru přímo u ohniska, které nejvíce ohrožují zasahující hasiče, tak je nebylo možné naměřit z důvodu možného trvalého poškození detekční techniky, tato měření musí být v budoucnu provedena zcela znovu a jinými přístroji, než které má běžně HZS k dispozici. Jak zmiňuje ve své práci Sikora (2014), tak jako nejlepší se při těchto měřeních jevila metoda plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrie. Další přístroj, který mají jednotky ve výbavě, přístroj GDA2 se dle výzkumů také k tomuto měření z mnoha důvodů také nehodí.

## 12 ZÁVĚR

Požáry skládek a jejich vliv na životní prostředí je velmi komplikované téma. I přes veškerá zabezpečení nelze úplně vyloučit riziko vzniku požáru. Z výsledků jiných studií a měření je patrné, že kouř obsahuje velké množství toxických zplodin. Složení těchto zplodin je značně závislé na spalovaném materiálu. Jako nejběžnější látky jsou označovány CO, CO<sub>2</sub>, PAHs, Benzen či dokonce formaldehyd, a to i ve vysokých koncentracích. To vše přispívá také ke zvýšeným koncentracím celkového znečištění ovzduší prachovými částicemi. Tyto látky vyvolávají nejrůznější zdravotní komplikace. Především se jedná o účinky narkotické, dusivé, dráždivé a v neposlední řadě u mnoha látek i karcinogenní. Ke znečištění vodních zdrojů dochází při úniku extrémního množství použití hasebních vod. Ke kontaminaci a znečištění půdy může dojít následným spadem těchto látek nebo při samotné likvidaci požáru, kdy se požár zahrne zeminou pro znepřístupnění vzduchu potřebného pro hoření a tento požár ještě nějakou dobu pokračuje, ale za nedostatku kyslíku a tedy i s větším množstvím chemických látek vzniklých při nedokonalém hoření.

Při reálných požárech se ovšem setkáváme s několika problémy, které měření běžně používanými detektory u HZS komplikují. Prvním z nich jsou povětrnostní vlivy. Vítr, déšť nebo nízká teplota. Tedy výborné rozptylové podmínky, ale z hlediska měření jsou to podmínky značně nevhodné. Dalším problémem je termodynamické proudění vzduchu, kdy horký vzduch proudí přímo vzhůru do vyšších vrstev atmosféry. S běžnými přístroji měříme u povrchu. A v neposlední řadě to může být reliéfem terénu, kdy jsou produkty hoření různě rozptylovány a ředěny se vzduchem a dochází ke snižování koncentrací toxických zplodin hoření.

Při velkých požárech slouží HZS ČR také jako zdroj informací okolním obyvatelům. Z tohoto důvodu probíhá ve většině případů měření znečištění ovzduší nebezpečnými látkami v okolí požáru. HZS v tomto případě ve většině událostí podává zprávy, že do ovzduší neunikly žádné škodliviny. Při použití běžných detektorů ve výbavě HZS není úplně možné naměřit korektní koncentrace nebezpečných látek obsažených v kouři. A hlavně tyto detektory nelze nasadit přímo k ohnisku požáru, protože by došlo k jejich zničení z důvodu vysokých koncentrací. Měření tedy probíhá ve většině případů i v místech, kde není ani viditelný žádný kouř. Tato měření

probíhají hlavně z důvodu uklidnění obyvatel, nebo případně pro jejich potřebnou evakuaci z důvodu opravdu vysokých koncentrací nebezpečných látek v jejich okolí. Z tohoto důvodu by bylo příhodnější informovat okolní obyvatelstvo o tom, že měřené nebezpečné chemické látky ve zplodinách hoření neovlivnily ovzduší v monitorovaných oblastech a nedosahovaly hodnot, které by mohly ohrozit jejich zdraví.

Pro měření koncentrací nebezpečných chemických látek na takto velkých volných plochách, se tedy běžně používané detektory HZS, jako jsou například GasAlertMikro 5 či GDA 2, zdají jako ne zcela použitelné pro přesné měření. Jednotky požární ochrany tyto detektory používají zejména proto, že pokud tyto přístroje něco naměří, ať je to cokoli, je to impuls pro hasiče. Impuls, aby se zahájila určitá opatření k ochraně zdraví jak zasahujících hasičů, tak okolních obyvatel na které by tyto látky mohli případně působit.

## 13 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Adach W., Blaszczyk M., Olas B., 2020: Carbon monoxide and its donors - Chemical and biological properties. Elsevier, Polsko
- Balog K., 1999: Samovznietenie: samozahrievanie, vznietenie, vzplanutie. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, SPBI Spektrum, Ostrava ISBN 80-86111-45-8
- Balog K., 1998: Základy toxikologie. 1. vyd.. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava, 107 s. ISBN 80-861-1129-6.
- Balog K., 2004: Hasiace látky a jejich technologie, 1 vyd., Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, SPBI Spektrum, Ostrava, ISBN 80-866-3449-3
- Bates M., 2004: Managing Landfill Site Fires in Northamptonshire. University College Northampton, Northamptonshire
- Brumovská I., 2008: Speciální chemie pro požární ochranu: učební texty. 3.vyd. (přepřac.). Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, Praha, ISBN 978-80-86640-88-4
- Cáb S., Šeděnková M., 2018: Rizika vzniku a kumulace hořlavých plynů při skládkování odpadů. VVUÚ, Praha
- Copping S., Quinn C., Gregory R., 2007: Review and Investigation of deep-seated fires within landfill sites. Environmet Agency, Bristol, ISBN 978-1-84432-681-5
- Čapoun T., 2005: Návrh vybavení jednotek PO prostředky chemického průzkumu. MV-GŘ HZS ČR Institut ochrany obyvatelstva, Lázně Bohdaneč.
- Čapoun T., 2009: Havárie s únikem nebezpečných chemických látek a protichemická opatření. Ministertstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, Praha.
- EMERGENCY, © 2001: Engineers help fight landfill fire in Delta. Canadian consulting engineer (online) [cit.2019-12-15], dostupné z: <http://www.canadianconsultingengineer.com/news/emergency-engineers-help-fightlandfill-fire-in-delta/1000107001/>
- Filip J., Kotovicová J., Božek F., 2003: Komunální odpad a skládkování. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, ISBN 80-715-7712-X
- Filip J., Božek F., Kotovicová J., 2003: Komunální odpad a skládkování. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Žilina, 128 s.. ISBN80-7157-712-X
- Generální ředitelství HZS ČR, 2017: Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky. GŘ HZS ČR, Praha

- Greedy D., 2010: Landfill operational guidelines. 2nd Edition. Warwickshire Country Council, ISWA ,Velká Británie
- Hasičský záchranný sbor ústeckého kraje územní odbor Chomutov, 2011: Odborné vyjádření k požáru skládky Vysoká pec. Chomutov
- Henderson P., Sperling T., 2001: Understanding and Controlling Landfill Fires. Swana, Kalifornie
- Holoubek I., 2007: Chemie životního prostředí II, Znečištění složek prostředí, Atmosféra: Těkavé organické látky (VOCs). Masarykova univerzita: Recotox, Brno
- Holoubek I., 2008: Chemie životního prostředí III, Vybrané typy environmentálních polutantů: Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs) (online) [cit.2020-01-15], dostupné z: [http://www.recotox.muni.cz/res/file/prednasky/holoubek/chzp-III-2008/CH%C5%BDP\\_III\\_05\\_PAHs\\_01.pdf](http://www.recotox.muni.cz/res/file/prednasky/holoubek/chzp-III-2008/CH%C5%BDP_III_05_PAHs_01.pdf), Brno
- Horálek J., Šimeček P., 2008: Požáry skládek pevného komunálního odpadu v Jihočeském kraji. 112: odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva. Praha: MV-generální ředitelství HZS ČR 11: 6-9, dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-vii-cislo-11-2008-915740.aspx?q=Y2hudW09Mg%3D%3D>
- Chrysikou L., Gemenetzi P., Kouras A., Manoli E., Terzi E., Samara C., 2007: Distribution of persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements in soil and vegetation following a large scale landfill fire in northern Greece. Elsevier, Thessaloniki
- Janásek D., et al., 2004: Nebezpečné látky. 1. vyd.. Žilinská univerzita v Žilině, Žilina, 123 s.. ISBN 80-8070-243-8
- Lukeš M., Základy požární taktiky: Produkty hoření. (online) [cit. 2020-01-24], dostupné z: <http://metodika.cahd.cz/konspekty/1-1-05.pdf>
- Manjunatha G., Chavan D., Lakshmikanthan P., Swamy R., Kumar S., 2019: Estimation of heat generation and consequent temperature rise from nutrients like carbohydrates, proteins and fats in municipal solid waste landfills in India. Elsevier, Indie
- Masařík I., 2003: Plasty a jejich požární nebezpečí. 1. vyd. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava, ISBN 80-866-3416-7
- McConnell E. E., 1993: Benzene Environmental Health Criteria. Ženeva
- MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY, ©2004: Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy zásahu, Metodický list číslo 26 P: Požáry

skládek tuhých odpadů (online) [cit.2020-01-15], dostupné z:  
<http://www.hzscr.cz/soubor/p-26-skladky-pdf.aspx>.

- MINISTERSTVO VNITRA – GENERÁLNÍ ŘEDITELSTVÍ HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY, ©2006: Sbírká interních aktů generálního ředitele HZS č. 15/2006, kterým se stanoví postup jednotek požární ochrany při provádění prací, postup při finančním vypořádání nákladů, Praha
- Morales R., Toro R., Morales L., Leiva M., 2017: Landfill fire and airborne aerosols in a large city: lessons learned and future needs. Springer Science+Business Media, Chile
- Nammari D., Hogland W., Marques M., Nimmermark S., Moutavtchi V., 2004: Emission from Uncontrolled Fire in Municipal Solid Waste Bales. Elsevier, Švédsko
- O K., 1999: Chemie procesů hoření. 1. vyd.. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava, 87 s. ISBN 80-861-1139-3.
- Øygard J. K., Mage A., Gjendegal E., Svane T., 2004: Effect of an uncontrolled fire and the subsequent fire fight on the chemical composition of landfill leachate. Elsevier, Norsko
- Petrovic M., Sremacki, M., Radonic J., Mihajlovic I., Obrovski B., Miloradov M. V., 2018: Health risk assessment of PAHs, PCBs and OCPs in atmospheric air of municipal solid waste landfill in Novi Sad, Serbia. Elsevier, Srbsko
- Robertson T., Dunbar J., 2005: Guidance for evaluating landfill gas emissions from closed or abandoned facilities. Severní Karolína
- Ruokojärvi P., Ruuskanen J., Ettala M., Rahkonen P., Tarhanen J., 1995: Formation of polyaromatic hydrocarbons and polychlorinated organic compounds in municipal waste landfill fires. Elsevier, Finsko
- Růžička F., 1999: Základy požární taktiky: rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Ostrava, ISBN 80-86111-46-6
- Shadi M., 2009: Characterizing spontaneous fires in landfills. Florida
- Shafizadeh F., Bradbury G., 1979: Thermal Degradation of Cellulose in Air and Nitrogen at Low Temperatures
- Sivertsen B., 2006: Air pollution impacts from open air burning. WIT Press, Norsko
- Slaughter R., Thalhamer T., Sperling T., 2002: Landfill fires: Their magnitude, characteristic, and mitigation. Federal Emergency Management Agency, United States Fire Administration, National Fire Data Center. U. S. Fire Administration, Virginia

- Sperling T, 2001: Fighting Landfill Fire. Waste360 (online) [cit. 2020-03-08], dostupné z: [https://www.waste360.com/mag/waste\\_fighting\\_landfill\\_fire](https://www.waste360.com/mag/waste_fighting_landfill_fire)
- Straka F., 1991: Metody likvidace a energetického využití odpadů. Koneko, Praha, ISBN 80-85122-07-3
- Šváb M., Müllerová M., 2006: Studie o látkách ohlašovaných do integrovaného registru znečišťování životního prostředí II. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav chemie ochrany prostředí. Zpracováno pro Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- UFIREG-CENTRAL, ©2020: Definition of ultrafine particles and why it is important to measure them (online) [cit.2020-03-08], dostupné z: <https://www.ufireg-central.eu/2020/01/11/definition-of-ultrafine-particles-and-why-it-is-important-to-measure-them/>
- Wang Z., Li K., Lambert P., Yang Ch., 2006: Identification, characterization and quantitation of pyrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and other organic compounds in tire fire products. Elsevier, Kanada
- Warenik-Bany M., Maszewski S., Mikolajczyk S., Piskorska-Pliszczynska J., 2019: Impact of environmental pollution on PCDD/F and PCB bioaccumulation in game animals. Elsevier, Polsko
- Weichenthal S., Van Rijswijk D., Kulka R., 2015: The impact of a landfill fire on ambient air quality in the north: A case study in Iqaluit. Elsevier, Kanada

### LEGISLATIVNÍ ZDROJE

- ČSN 83 8032: Skládování odpadů – Těsnění skládek. Český normalizační institut, Praha, 2002
- ČSN 837034: Skládování odpadů – Odplynění skládek. Český normalizační institut, Praha, 2000.
- Zákon č. 223/2015 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů

### INTERNETOVÉ ZDROJE

- AVADA ENVIRONMENTAL©2019: What Has Changed Since the Loscoe Landfill Gas Explosion (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <http://avadaenvironmental.com/2019/03/14/loscoe-landfill-gas-explosion/>
- Cáb S., Šeděnková M., 2018: Rizika vzniku a kumulace hořlavých plynů při skládování odpadů (online) [cit. 2020-02-05], dostupné z <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/18395-rizika-vzniku-a-kumulace-horlavych-plynu-pri-skladkovani-odpadu>

- CHROMSERVIS, 2016: Měřicí principy – detekce a analýza plynů (online) [cit. 2020.01.03], dostupné z <https://www.chromservis.eu/g/gas-principles?lang=CZ>
- EKOKOM ©2019: Skladba směsného komunálního odpadu z domácností ČR (online) [cit. 2020.01.03], dostupné z <https://www.ekokom.cz/news/715/212/Skladba-smesneho-komunalniho-odpadu-z-domacnosti-cR>
- EUROPEAN PARLIAMENT© 2018: Waste management in the EU: infographic with facts and figures (online) [cit. 2020.01.20], dostupné z <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180328STO00751/e-u-waste-management-infographic-with-facts-and-figures>
- Herkele I., 2019: Požáry skládek – problém se zásadními dopady, o kterém se nemluví (online) [cit. 2020.03.08], dostupné z <https://energetika.tzb-info.cz/nakladani-s-odpady/18992-pozary-skladek-problem-se-zasadnimi-dopady-o-kterem-se-nemluvi>
- Horálek J., 2011: Zásahy hasičů na hořících skládkách (online) [cit. 2020.01.18], dostupné z <https://www.odpady-online.cz/zasahy-hasicu-na-horicich-skladkach/>
- Holoubek I., Kočan A., Holoubková I., Kohoutek J., 2001: Persistentní organické polutanty. Edice planeta 2001 2:1-12, dostupné z [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/A0750BCC7925B390C1256FAF0048ADF9/\\$file/chlatky1.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/A0750BCC7925B390C1256FAF0048ADF9/$file/chlatky1.pdf)
- Honeywell ©2010: GasAlertMicro 5 datasheet (online) [cit. 2020.01.03], dostupné z [http://site.bw-gasmonitors.com/pdf/GasAlertMicro5\\_Datasheet.pdf](http://site.bw-gasmonitors.com/pdf/GasAlertMicro5_Datasheet.pdf)
- HZS ČR ©2017: Zpráva o zásahu, ZOZ, Most
- IRZ © Ministerstvo životního prostředí České republiky: Kyanovodík (online) [cit. 2020.01.01], dostupné z <https://www.irz.cz/repository/latky/kyanovodik.pdf>
- Kafka Z., 2013: Základy ochrany životního prostředí (online) [cit. 2020-01-11], dostupné z <https://uchop.vscht.cz/files/uzel/0011054/skriptaZOP.doc>
- Konečná M., 2012: Ekotoxicita vybraných hasebních prostředků (online) [cit. 2020-01-16], dostupné z [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=53262](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53262)
- MŽP ©2019: Ministerstvo životního prostředí: Souhrnná data o odpadovém hospodářství ČR v letech 2009–2018 (online) [cit. 2020.02.18], dostupné z [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady\\_podrubrika/\\$FILE/OODP-Souhrnna\\_data\\_2009\\_2018-20191025.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpady_podrubrika/$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2018-20191025.pdf)



- Rousková R., 2014: Využití přístroje GDA-2 v praktické činnosti jednotek Hasičského záchranného sboru. VUT Brno, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí, Brno, 77s. (diplomová práce).
- Sikora H., 2007: Toxikologie zplodin hoření. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zdravotně sociální, České Budějovice, 93s. (diplomová práce)
- Sikora H., 2014: Studium vlivu požárů skládek komunálních a průmyslových odpadů na kontaminaci životního prostředí, produkty hoření pryže a halogenovaných polymerů. VUT Brno, Fakulta chemická, Brno, 44s. (doktorská práce).
- Šamánek J., Baumbruk J., 2008: Přípustné expoziční limity chemických látek v pracovním prostředí (online) [cit. 2020.02.18], dostupné z <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/pripustne-expozicni-limity-chemickych-latek-v-pracovnim-prostredi>
- Študent J., 2019: Zločin za bílého dne aneb pravda o skládkách (online) [cit. 2020-02-16], dostupné z <https://incien.org/tag/pravda-o-skladkach/>
- Šuta M., 2008: Chemické látky v životním prostředí a zdraví. ZO ČSOP Veronica, Brno
- Šváb M., Müllerová M., Beneš P., 2005: Informace o látkách zařazených do Integrovaného registru znečišťování. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha
- Švihálková L., 2010: Genetoxické a negenetoxické působení polycyklických aromatických uhlovodíků na oválné jaterní buňky in vitro. Masarykova univerzita, Fakulta přírodovědecká, Brno, 121s. (dizertační práce)

## 14 PŘÍLOHY

### Seznam příloh:

**Příloha 1:** Požár skládky SONO 2019

**Příloha 2:** Požár skládky SONO 2019 druhý den požáru

**Příloha 3:** Ukázka protokolu o zkoušce povrchových vod z Povodí Ohře

**Příloha 4:** Seznam plynů měřitelných pomocí GasAlertMicro 5 s rozsahy měření



**Příloha 1:** Požár skládky SONO 2019



**Příloha 2:** Požár skládky SONO 2019 druhý den požáru

**Objednávka/smlouva:**  
 903 ostatní

**Zadavatel rozboru :**
**Povodí Ohře, státní podnik**  
**HS 903 ostatní**  
**Bezručova 4219**  
**430 03 Chomutov3**
**PROTOKOL O ZKOUŠCE č. 1135/2010**

Č. vzorku	Místo odběru	Zahájení zk.
3965	Lapol ETU I- odtok	24.6.2010
3966	Lužický p.- soutok s kanal. ETU	24.6.2010
3967	Lužický p. ř.km 0,02	24.6.2010

Č. vzorku	Typ odběru	Druh vzorku	SOP	Odebral	Datum odb.	Čas odb.
3965	Prostý	Povrchová voda	VZ- 2	ing.Hönig	23.6.2010	10:15
3966	Prostý	Povrchová voda	VZ- 2	ing.Hönig	23.6.2010	11:50
3967	Prostý	Povrchová voda	VZ- 2	ing.Hönig	23.6.2010	12:30

Název parametru	Č. vzorku jednotka	3965	Nejistota	3966	Nejistota
Celkový organický uhlík	mg/l	51,0	25%	63,0	25%
Chemická spotřeba kyslíku dichromanem	mg/l	300	17%	480	17%
Konduktivita (při 25 °C)	mS/m	136	6%	172	6%
pH		7,7	3%	7,6	3%
Chloridy	mg/l	64	8%	77	8%
Síraný	mg/l	290	12%	560	12%
Berylium	mg/l	<0,0002		0,0002	12%
Kadmium	mg/l	<0,0005		<0,0005	
Kobalt	mg/l	0,008	14%	0,006	14%
Veškerý chrom	mg/l	0,0005	13%	0,0033	13%
Měď <sup>I</sup>	mg/l	0,004	16%	0,008	16%
Nikl	mg/l	0,006	18%	0,011	18%
Olovo	mg/l	<0,005		0,013	16%
Vanad	mg/l	0,003	16%	0,015	16%

**Příloha 3: Ukázka protokolu o zkoušce povrchových vod z Povodí Ohře**

<b>Detekovaný plyn</b>	<b>Rozsah měření</b>	<b>Dolní hranice alarmu</b>	<b>Horní hranice alarmu</b>
O <sub>2</sub>	0-30,0%	19,5	22,5
CO <sub>2</sub>	0-999 ppm	35	200
H <sub>2</sub> S	0-100 ppm	10	15
PH <sub>3</sub>	0-5,0 ppm	0,3	1,0
SO <sub>2</sub>	0-100 ppm	2	5
NO <sub>2</sub>	0-99,9 ppm	2,0	5,0
HCN	0-30,0 ppm	4,7	10,0
Cl <sub>2</sub>	0-50,0 ppm	0,5	1,0
NH <sub>3</sub>	0-100 ppm	25	50
ClO <sub>2</sub>	0-1 ppm	0,1	0,3
O <sub>3</sub>	0-1 ppm	0,1	0,1

**Příloha 4:** Seznam plynů měřitelných pomocí GasAlertMicro 5 s rozsahy měření